

Janne Ylikulju

ANALYSAATTOREIDEN KRIITTISYYSTARKASTELU JA KUNNONVALVONNAN KEHITTÄMINEN

ANALYSAATTOREIDEN KRIITTISYYSTARKASTELU JA KUNNONVALVONNAN KEHITTÄMINEN

Janne Ylikulju
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Janne Ylikulju

Opinnäytetyön nimi: Analysaattoreiden kriittisyystarkastelu ja kunnonvalvonnan kehittäminen

Työn ohjaajat: Harri Keränen (Ruukki), Tero Hietanen (Oamk)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014

Sivumäärä: 57 + 4 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Ruukin Raahen terästehtaan jatkuvatoimisten prosessianalysointilaitteiden laitekanta, tehdä kriittisyystarkastelu sekä selvittää mahdollisuuksia analysointilaitteiden kunnonvalvonnan kehittämiseksi. Lisäksi työssä tutustuttiin kihti-analysointilaitteen toimintaan ja uusintaan sekä selvitettiin, olisiko analysointilaitteiden ennakko- ja huoltojen siirtäminen keskitetyn kunnossapidon vastuulle järkevää. Työn toimeksiantajana oli Ruukin korjaamon sähköosasto.

Analysointilaitteiden laitekanta ja kunnossapidon kannalta tärkeät tiedot selvitettiin osastoilta saatujen alkutietojen perusteella haastattelemalla osastojen asiantuntijoita, hakemalla tietoja Arttu- ja Alma-järjestelmistä sekä selvittämällä niitä laitteiden toimittajilta. Analysointilaitteiden kriittisyyttä selvitettiin käyttötarkoituksen ja vikakaantumisvaikutusten perusteella haastattelemalla tehtaan eri tehtävissä työskenteleviä ammattilaisia. Kunnonvalvonnan kehittämisen keinoja pohdittiin selvittämällä mahdollisuuksia nykytilanteesta ja tulevaisuudessa. Analysointilaitteiden huoltojen keskittämisen mahdollisuuksia ja haasteita tarkasteltiin kunnossapidon näkökulmasta. Työn lopussa otetaan vielä kantaa analysointilaitteiden hankintojen täsmentämiseen.

Tuloksena opinnäytetyössä syntyi kattava taulukko terästehtaan analysointilaitteista. Taulukko dokumentoidaan ja liitetään analysointilaitteiden huoltotöihin, jotta se on esimerkiksi kunnossapidon ja investointipalvelun hyödynnettävissä. Kriittisyystarkastelusta selviävät mm. analysointilaitteen käyttö, kriittisyys sekä varaosalaite- ja varaosatilanne. Uuden kihti-analysointilaitteen käyttöjärjestelmän hankintaan on selkeät perusteet, jotka on esitetty työssä. Kunnonvalvonnan kehittämisen keinoja otettiin käyttöön sähköpostilähetys masuunien analysointilaitteiden hälytyksistä, ja jatkotoimenpiteenä otetaan käyttöön kalibrointipöytäkirjan täyttäminen analysointilaitteiden kalibrointien yhteydessä. Samalla tarkennetaan analysointilaitteiden huoltotyöohjeita Artussa. Toimintaehdotuksena on, että analysointilaitteiden huoltojen keskittämisen sijaan parannetaan tehtaan sisäistä verkostoitumista.

Asiasanat: analysointilaitteet, kriittisyys, kunnossapito, kunnonvalvonta, terästehdas

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Automation technology

Author: Janne Ylikulju

Title of thesis: Critical Review for Analyzers and Development of Condition Monitoring

Supervisors: Harri Keränen (Ruukki), Tero Hietanen (Oamk)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014

Pages: 57 + 4 appendices

Aim of this thesis was to investigate the Ruukki Raahe steel plant's installed base of continuously operated process analyzers, make a critical analysis and identify opportunities to improve condition monitoring. In addition, there was a need to regard operation and investment of the peak gas analyzer, as well as find out whether the maintenance of analyzers transfer to responsibility of centralized maintenance makes sense. The thesis was commissioned by electrical department of Ruukki workshop.

The analyzers installed base and relevant information was sorted out by interviewing specialists and equipment suppliers and searching information on Arttu and Alma systems. The criticality of analyzers was defined as in case failure and operation by interviewing different professionals at the plant. Opportunities to improve condition monitoring were clarified as it stands and in the future. Opportunities and challenges of analyzers maintenance concentration was surveyed at the maintenance point of view.

As a result, a table of steel plant's analyzers was produced in the thesis. The table will be documented and attached to the analyzers maintenance works, in order for maintenance and investment services to utilize it. Critical review of analyzers reveals for example the use of the analyzer, criticality, spare equipment and spare parts situation. Investment of new peak gas analyzer system is a clear justification, as set out in the thesis. As a means of improving condition monitoring introduces filling of calibration certificates in calibration context. At the same time improves the analyzers maintenance manuals in Arttu system. In addition, e-mail transmission of blast furnaces analyzer alarms was introduced in the thesis. Action is proposed that instead of concentrating analyzers maintenance to workshop, improves the plant's internal networking.

Keywords: analyzers, criticality, maintenance, condition monitoring, steel plant

ALKULAUSE

Opinnäytetyön tilaajana oli Ruukki Metals Oy. Työn ohjaajana Ruukilla toimi työnjohtaja Harri Keränen ja valvovana opettajana Oulun ammattikorkeakoulusta Tero Hietanen.

Haluan kiittää erityisesti työn ohjaajaa ja valvojaa sekä korjaamon kunnossapitoinsinööriä Pauli Nikulaa ja masuunien automaatioinsinööriä Jaakko Pottalaa hyvästä yhteistyöstä. Kiitos myös kaikille muille, jotka auttoitte ja tuitte opinnäytetyön tekemisen aikana.

Oulussa 3.4.2014

Janne Ylikulju

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 KUNNOSSAPITO JA KUNNOSSAPIDON JÄRJESTELMÄT	9
2.1 Kunnossapito	9
2.2 Vikaantuminen	11
2.3 Kunnonvalvonnan perusteet ja merkitys	12
2.4 Kunnossapitojärjestelmät	14
2.4.1 Arttu-toiminnanohjausjärjestelmä	14
2.4.2 Alma-tietämyshallintajärjestelmä	15
3 ANALYSAATTOREIDEN LAITEKANNAN MÄÄRITTÄMINEN JA KRIITTISYYSTARKASTELU OSASTOITTAIN	16
3.1 Laitekannan määrittäminen	16
3.2 Kriittisyystarkastelu	18
3.2.1 Koksaamo	18
3.2.2 Masuunit	20
3.2.3 Terässulatto	23
3.2.4 Nauhavalssaamo	25
3.2.5 Levyvalssaamo	27
3.2.6 Voimalaitos	28
3.2.7 Tutkimuslaitos	30
3.2.8 Ympäristö	31
4 KIHTIKAASUANALYSAATTORI	32
4.1 Kihtikaasuanalysaattorin toimintaperiaate	32
4.1.1 Ultramat 6 -kaasuanalysaattori	34
4.1.2 Calomat 6 -kaasuanalysaattori	35
4.1.3 Viritys ja kalibrointi	36
4.2 Kaasuanalyysin vaikutukset	38
4.3 Vuorottelukäytöstä aiheutuvat kustannukset	39

4.4 Kihtikaasuanalyssaattorijärjestelmän uusinta	41
5 ANALYSAATTOREIDEN KUNNONVALVONNAN KEHITTÄMINEN	42
5.1 Automaatiojärjestelmän tuki kunnonvalvontaan	42
5.1.1 Sähköpostilähetys analyssaattorivioista	42
5.1.2 Työkalut sähköpostilähetyksessä	44
5.2 Kunnossapitojärjestelmän tuki kunnonvalvontaan	46
5.3 Analyssaattoreiden kunnonvalvonta tulevaisuudessa	48
6 TULOSTEN TARKASTELU	49
6.1 Huolto-ohjeiden parantaminen	49
6.2 Analyssaattorihuoltojen keskittäminen	50
6.3 Verkostoitumisen parantaminen	52
6.4 Hankintojen täsmentäminen	53
7 YHTEENVETO	54
LÄHTEET	56
LIITTEET	
Liite 1 Raahen tehtaan prosessikaavio	
Liite 2 Raahen tehtaan analyssaattorit	
Liite 3 Ma 2 -kihtikaasuanalyssaattori virtauskaavio	
Liite 4 Lähetys analyssaattorivioista -FBCAD-sovellusohjelma	

1 JOHDANTO

Ruukki on kansainvälisesti toimiva erikoisterästuotteiden valmistaja, jonka valikoimiin kuuluvat muun muassa erikoislujat, kulutusta kestävät ja erikoispinnoitetut tuotteet. Raahen terästehtaalla päätuotteet ovat kuumavalssatut kelat ja levyt. Henkilöstöä Raahessa on noin 2400. Vuoden 2012 terästuotanto oli yhteensä noin 2,3 miljoonaa tonnia. Avainsanoja Raahessa ovat turvallisuus, tehokkuus, toimitustäsmällisyys, ympäristö ja jatkuva parantaminen. Tuotantoprosesseista kerrotaan tarkemmin kriittisyystarkastelun yhteydessä. Raahen tehtaan prosessikaavio on esitetty liitteessä 1. (1.)

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Ruukin Raahen terästehtaan jatkuvatoimisten prosessianalysaattoreiden laitekanta, tehdä kriittisyystarkastelu sekä selvittää mahdollisuuksia analysaattoreiden kunnonvalvonnan parantamiseksi. Lisäksi työssä tutustuttiin kihtikaasuanalysaattorin toimintaan ja uusintaan sekä selvitettiin, olisiko analysaattoreiden ennakkohuoltojen siirtäminen keskitetyn kunnossapidon vastuulle järkevää.

Analysaattoreihin liittyviä ongelmia tehtaalla ovat esimerkiksi vaillinaiset huolto-ohjelmat, osaamisen henkilöityminen sekä kirjavan laitekannan aiheuttamat haasteet huollettavuudelle ja kunnonvalvonnalle. Raahen tehtaan kriittisimmät analysaattorit turvallisuuden, tuotannon, laadun ja ympäristön kannalta pyrittiin selvittämään käyttötarkoituksen ja vikaantumisvaikutusten perusteella haastatteleamalla tehtaalla eri tehtävissä työskenteleviä ammattilaisia.

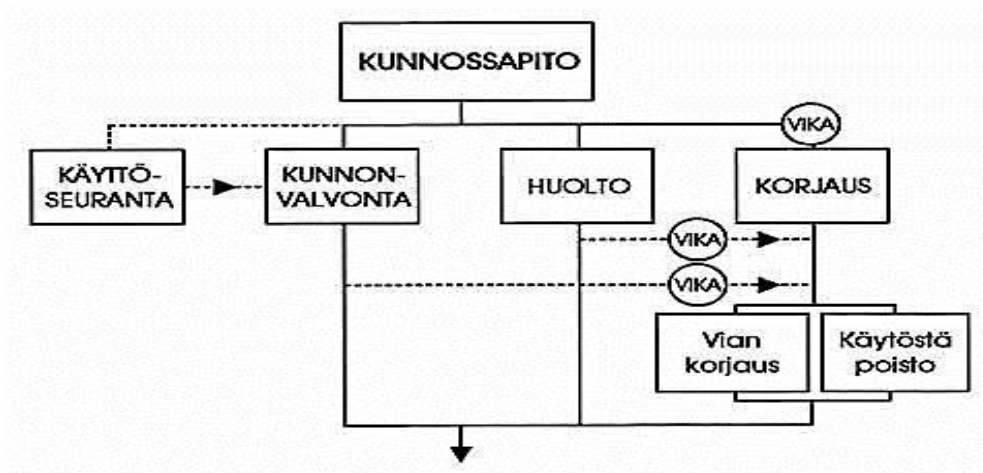
2 KUNNOSSAPITO JA KUNNOSSAPIDON JÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa tarkastellaan kunnossapidon, vikaantumisen ja kunnonvalvonnan teoriaa yleisesti ja analysointoreiden kannalta. Lisäksi tutustutaan opinnäytetyössä eniten käytettyihin järjestelmiin, Arttuun ja Almaan.

2.1 Kunnossapito

Kunnossapidon ensisijainen tehtävä on nykyisin pitää laitteet jatkuvasti käyttökunnossa. Vaikka rikkoontuneiden laitteiden korjaukset kuuluvatkin edelleen kunnossapitoon, ne eivät ole kunnossapidon päätarkoitus. Nykykäsityksen mukaan kunnossapito on tärkeä tuotannontekijä, jonka avulla pystytään varmistamaan tuotantolaitoksen kilpailukyky. (2, s. 25.)

Kunnossapito pitää sisällään hallinnollisia, taloudellisia ja teknillisiä toimintoja. Kunnossapitotoimenpiteet voidaan toimintaperiaatteiden tasolla luokitella kuvan 1 mukaisesti.



KUVA 1. Kunnossapidon jako (3)

Seuraavassa määritellään kunnossapidon keskeisimmät termit (3).

Ehkäisevä kunnossapito: Kaikki ne tarkastus-, testaus- ja huoltotoimenpiteet, joita tehdään ilman, että laitteessa tiedettäisiin olevan vikaa.

Käyttöseuranta: Kaiken kunnossapitotoiminnan lähtökohta. Käyttöseurantaa suorittavat pääsääntöisesti laitteen käyttäjät.

Kunnonvalvonta: Kunnonvalvonnassa kohteen toimintaa tarkkaillaan ja mitataan joko jatkuvasti tai määräajoin. Tavoitteena on alkavan vikaantumisen havaitseminen ja vian korjaaminen, ennen kuin se estää kohteen halutun toiminnon toteutumisen.

Jaksotettu huolto: Perinteinen käyttöajan, käyttökertojen tai muun vastaavan mukaan jaksottuva huoltotoimenpide, joka tehdään kohteen tilasta riippumatta. Esimerkiksi öljynvaihto on jaksotettua huoltoa.

Tarkastus: Kohteen toimintakyvyn tarkastaminen. Ei sisällä päätelmiä tai analyysijä.

Testaus: Kohteen toimintakyvyn tarkastaminen vertaamalla saatuja mittaustuloksia kohteelle spesifioituihin arvoihin. Sisältää myös mittaustuloksiin liittyvät päätelmät.

Huolto: Kohteelle suoritetaan ennalta laaditun ohjelman ja toimenpidesuunnitelman mukaiset kunnonvalvonta- ja huoltotoimenpiteet.

Korjaus: Toimenpide, jonka tarkoituksena on poistaa kohteesta paikannettu vika. Suoritetaan, kun kohde on vikaantunut. Vikaantuminen voi olla kokonaisvika, joka estää kohteen kaikki toiminnot, tai osittaisvika, joka estää osan kohteen toiminnoista.

Käytöstä poisto: Osan tai koko kohteen käytöstä poistaminen spesifioidun elinajan täyttymisen, taloudellisesti kannattamattoman korjauksen tai kohteen modifioinnin vuoksi. On huomattava, että käytöstä poistaminen sisältää myös käytöstä poistetun kohteen osien asianmukaisen kierrätyksen sen purkamisen jälkeen.

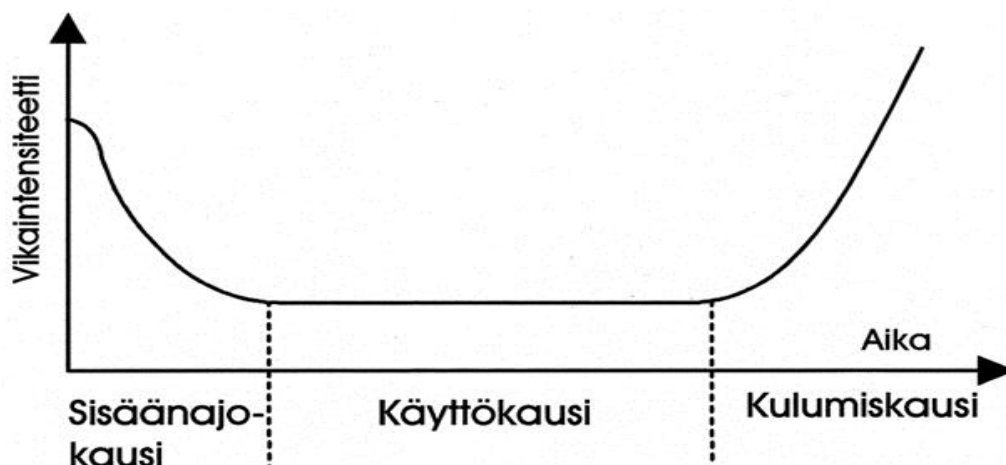
Analysaattoreiden kunnossapito käsittää lähes kaikki kunnossapidon keskeisimmät termit. Lähes kaikki analysaattorit ovat enakkohuoltojen piirissä ja niille suoritetaan myös ehkäisevää kunnossapitoa. Kalibrointien ja huoltojen yhteydessä tarkastetaan laitteiden toimintakyky ja käyttöseurantaa suoritetaan aktiivisesti. Analysaattorilaitteen vikaantumisen ilmetessä sille pyritään tekemään korjaavat toimenpiteet mahdollisimman ripeästi, sillä analysaattorit sijaitsevat usein tuotantoprosesseissa kriittisissä paikoissa.

2.2 Vikaantuminen

Laitteiden vikaantumisen todennäköisyys ja vikaantumiseen johtavat syyt ja siitä aiheutuvat seuraukset olivat lähtökohtina työssä tehtävään analysointoreiden kriittisyystarkasteluun ja kunnonvalvonnan kehittämiseen. Koska vikaantumisen määrä vaikuttaa suoraan kunnossapidon määrään, on sitä hyvin oleellista tarkastella työssä.

Vikaantumisella on aina jokin syy ja kehittymismekanismi. Kun vian kehitysketjuun päästään kiinni riittävän varhain, vaurioitumista ja kunnossapidon määrää voidaan vähentää merkittävästi. Vikojen määrä heijastaakin koneen käyttäjien ja kunnossapitäjien ammattitaitoa ja osaamista. Vika kehittyy yleensä latenttina eli näkymättömänä ja jonkin ajan kuluttua alkaa oireilla. Oirehtiva vika vaikeuttaa toimintaa, mutta ei estä sitä. Vian tunnistamisesta alkaa reagointiaika, jonka puitteissa laitteen korjaavat toimenpiteet pitäisi ehtiä suunnitella ja toteuttaa ennen rikkoontumista. (4, s. 48–49.)

Perinteinen käsitys vikaantumisesta ja sen myötä laitteen eliniästä on ns. kylpyammekäyrän muotoinen (kuva 2). Aluksi laitteessa esiintyy ”uutuuden karheutta”, jonka vaikutus sisäinajokauden jälkeen vakiintuu. Tietyn elinajan jälkeen alkaa loppuun kulumisen tai hajoamisen, jolloin vikaantumiskäyrä kääntyy jyrkään nousuun. (4, s. 51.)



KUVA 2. Vikataajuus ajan funktiona (5)

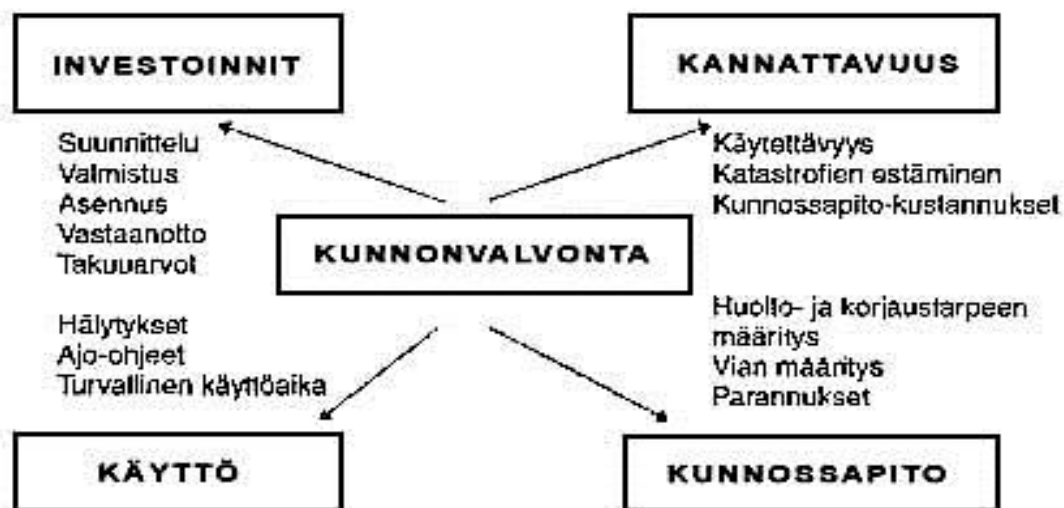
Perinteinen kylpyammeikäyrä on kuitenkin osittain kyseenalaistettu tutkijoiden toimesta ja vikaantumismalleja on löydetty useampia. Satunnainen vikaantuminen on teollisuudessa yleistä ja vikaantumista on usein vaikea ennakoida. Nykyisin laitteet ovat monimutkaisia rakenteeltaan ja tekniikoiltaan, joten komponenttikohtaiset vikaantumismallit hukkuvat laitteen monimutkaisuuden massaansa. (4, s. 54.)

Analysaattoreiden vikaantumista pyritään estämään ensisijaisesti riittävän usein suoritettavilla perushuolloilla ja olosuhteiden huomioimisella. Analysaattorirakenteita on monenlaisia ja jotkut ovat vikaantumisherkempiä kuin toiset. Viat johtuvat tehtaalla usein haastavista olosuhteista, kuten korkeista lämpötiloista, epäpuhtauksista ja pölystä sekä likaisista mitattavista kaasuista. Vikaantumistiheyttä voidaan harventaa vikojen aiheuttajien etsimisen lisäksi esimerkiksi parantamalla kunnonvalvontaa.

2.3 Kunnonvalvonnan perusteet ja merkitys

Kunnonvalvonta on osa kunnossapitoa, jossa erilaisin teknisin mittausmenetelmin ja analyysein määritellään laitteen kunto sen käynnin aikana. Tavoitteena on myös pystyä määrittelemään jäljellä oleva luotettava käyttöaika. Kunnonvalvonnan avulla pyritään saamaan ennakoivaa tietoa alkavasta vikaantumisesta, jotta vältetään odottamattomasta laiterikosta johtuvat seisokit. Kunnonvalvontaa voidaan tehdä määrävälein tai se voi olla jatkuvaa. (6.)

Yhä useammassa tuotantolaitoksessa on havaittu kunnonvalvonnan myönteinen vaikutus koneiden käyttöasteeseen ja toiminnan kannattavuuteen. Kunnonvalvonnalla saavutettavia hyötyjä ovat tuottavuuden kasvu, kunnossapidon suunnitelmallisuus, seisokkiaikojen parempi hyödyntäminen, suunnittelemattomien seisokkien väheneminen ja laitteiden pidentynyt elinikä. Kunnonvalvonnalla on useita liityntöjä tuotantolaitoksen muihin toimintoihin (kuva 3). (7.)

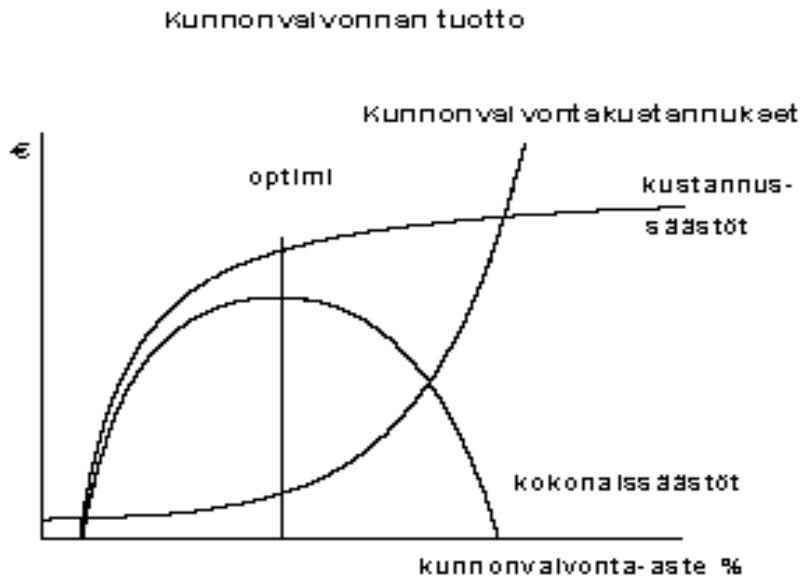


KUVA 3. Kunnonvalvonnan liityntöjä (7)

Mittaustulokset ja havainnot saattavat suoraan johtaa hälytyksiin, mutta useimmissa tapauksissa mittaustuloksia on analysoitava, jotta ne olisivat kunnossapidon kannalta käyttökelpoisia. Kunnonvalvonnan kannalta on oleellista, että koneista ja tapahtuneista vaurioista on käytettävissä historiatietoa. Tällä varmistetaan diagnosoinnin onnistuminen. (7.) Terästehtaalla useilla kriittisilläkin analyysointilaitteilla ei ole varalaitteita. Tällöin yksittäisen laitteen toiminta tulee kriittisemmäksi koko tehtaan kannalta. Myös tämän vuoksi kunnonvalvontaa on syytä harjoittaa ja parantaa.

Tällä hetkellä tehtaalta olevista analyysointilaitteista ei ole juurikaan saatavissa diagnostiikkatietoja, koska laitekanta on melko vanha. Tämä aiheuttaa haasteensa kunnonvalvonnan kehittämiseksi. Lisäksi analyysointilaitteet ovat usein erillislogiikoilla ohjattuja, eivätkä ne ole järjestelmäohjauksessa. Tulevaisuudessa olisikin hyvä lisätä järjestelmäohjattujen analyysointilaitteiden määrää, jolloin myös automaatiojärjestelmien omia kunnonvalvonta- ja diagnostiikkatyökaluja olisi mahdollista hyödyntää paremmin.

Kunnonvalvonnan tuottoon vaikuttavat kunnonvalvontakustannukset, kustannussäästöt sekä kokonaissäästöt. Nämä tekijät huomioon ottamalla päästään optimitilanteeseen, jossa kunnonvalvonta-aste ja kustannukset ovat parhaiten tasapainossa (kuva 4). (7.)



KUVA 4. Kunnonvalvonnan optimointi (PSK 5709). (7)

2.4 Kunnossapitojärjestelmät

Ruukin terästehtaalla on käytössä useita toiminnanohjaus- ja dokumentointijärjestelmiä, jotka ovat hyödynnettävissä kunnossapidossa. Arttu-toiminnanohjausjärjestelmä on käytössä koko tehtaalla ja sitä käytetään säännöllisesti kunnossapidon työkaluna. Alma-järjestelmään on puolestaan dokumentoitu esimerkiksi lähes kaikki tehtaan piirustukset. Opinnäytetyössä näitä kahta järjestelmää käytettiin aktiivisesti tietojen hankintaan.

2.4.1 Arttu-toiminnanohjausjärjestelmä

Ruukilla käytössä olevan Arttu-toiminnanohjausjärjestelmän avulla seurataan ja käsitellään koko tehtaan töitä ja enakkohuoltoja (kuva 5). Enakkohuollon alaisille töille asetetaan suoritusväli, jolloin kunnossapitoa suorittava henkilöstö tietää suorittaa enakkohuollot ajallaan. Myös kaikkien tehtaan analysaattoreiden tulisi olla huoltotöiden piirissä toiminnanohjausjärjestelmässä. Opinnäytetyössä tehty laitekannan määrittäminen tehtiin aluksi Artussa olevien enakkohuoltotöiden pohjalta. Lisäksi yhteistyössä osastojen asiantuntijoiden kanssa pyrittiin selvittämään, ovatko jotkin analysaattorit vielä enakkohuoltopiirin ulkopuolella.

KUVA 5. Arttu-toiminnanohjausjärjestelmä

2.4.2 Alma-tietämyshallintajärjestelmä

Alma on tietämyshallintajärjestelmä teknisen tiedon ja tapahtumien elinkaaren aikaiseen hallintaan. Siihen sisältyy työtapojen yhtenäistäminen, standardointi, suunnittelu, projektien ja dokumenttien hallinta sekä kunnossapito reaaliaikaisesti. (8.) Almaa käytetään Ruukilla suunnittelu- ja dokumentointityökaluna. Al-
man tehdashierarkiasta on mahdollista hakea tietoja osastoittain (kuva 6).

ALMA	
Jmo-Aakkos <input type="checkbox"/> Aakkosnumeerinen järjestys	
Hierarkia [TUOTANTO]	Automaatiopositio
Hierarkia FIRA VO =VO =VO.91 =VO.91.QIA075 0364773 Kaapeli QT001 LAPIVIRTAUSKENNO =VO.91.QIA075-QT001 QE002 REFERENSSIELEKTRODI =VO.91.QIA075-QE002 QE003 LASIELEKTRODI =VO.91.QIA075-QE003 QE004 LAMPÖTILAKOMPENSAATTORI =VO.91.QIA075-QE004 OX005 KCL-SÄILÖ =VO.91.QIA075-OX005 QT006 PH/MV-VAHVISTIN =VO.91.QIA075-QT006 QX007 YLIVIRTA-AUTOMAATTI =VO.91.QIA075-QX007 QM008 8-KAN. ANALOGIATULOYKSIKKÖ =VO.91.QIA075-QM008	=VO.91.QIA075 KATTILAVESI PH Ylempi =VO.91. Kattila 4 Prosessi Tyyppi Mittauspositio Postiohjaaja Tiedot Yksilöivä tunnus =VO.91.QIA075 Tunnus 075 Nimitys 1 KATTILAVESI PH Kilpiteksi 1 Kilpiteksi 2 Prosessisuure Q Toiminto IA Toimintaseloste Kriittisyys 4 Mittausalue 7...12 Yksikkö PH ARTTU siirtotila Siirretty Suunnittelutila Julkaistu Alkuperäinen perustamis pvm. 19891025

KUVA 6. ALMA-näkymä

3 ANALYSAATTOREIDEN LAITEKANNAN MÄÄRITTÄMINEN JA KRIITTISYYSTARKASTELU OSASTOITTAIN

Analysaattoreiden laitekannan määrittäminen ja kriittisyystarkastelu suoritettiin osastoittain terästehtaalla. Tässä luvussa esitellään lisäksi Raahen tehtaan tuotantoprosessit kriittisyystarkastelun yhteydessä. Analysaattoreiden kriittisyystaulukot on esitetty osastokohtaisesti mahdollisimman selkeän lopputuloksen saavuttamiseksi.

3.1 Laitekannan määrittäminen

Opinnäytetyössä selvitettiin terästehtaan jatkuvatoimisten prosessianalysaattoreiden laitekanta osastoilta saatujen alkutietojen perusteella. Korjaamon kunossapitoinsinööri lähetti osastoille analysaattoreista tiedustelun, johon osastojen vastuuhenkilöt vastasivat vaihtelevalla tarkkuudella. Alkutiedoista täydennettiin Excel-taulukkoon laitteiden ennakkohuoltotyönumero, huoltotyön vastaanottaja, positiotunnus, nimi, laitteen merkki ja toimittaja, mittaussuure ja -alue, huoltotyön suoritusjakso, kuormitusryhmä, huollon tyyppi, laitepaikka, sijaintipaikka ja osaston asiantuntija. Koska samassa huoltotyössä on usein monta analysaattoria, listattiin laitteet positiokohtaisesti huoltotyön alle. Huoltotöiden ohjeistukset löytyvät Arttu-järjestelmästä huoltotyönumeron perusteella.

Koska osastoilta vastauksena tulleet alkutiedot olivat kattavuudeltaan vaihtelevia, joutui tietoa hankkimaan eri lähteitä käyttäen. Laitteen merkki ja toimittaja, mittaussuure ja mittausalue sekä sijaintipaikka vaativat eniten selvittämistä.

Esimerkiksi suurin osa analysaattoreiden mittaussuureista ja -alueista selvisi Artun huoltotöiden kautta löytyneiden positiotunnusten avulla. Positiotunnusten avulla taas oli mahdollista hakea Alma-järjestelmän tehdashierarkiasta tietoja. Osa analysaattoreiden mallimerkinnöistäkin löytyi Almasta, mutta suurin osa selvisi paikan päällä käymällä tai henkilöhaastatteluissa.

Raahen tehtaalla analysaattoreita on eniten prosessin alkupäässä koksaamalla, masuuneilla ja voimalaitoksella. Kaasuanalysaattoreilla mitataan savukaasuista esimerkiksi häkä-, hiilidioksidi- ja pölypitoisuuksia, kalorimetreillä polttoaineiden lämpöarvoja ja pH-mittauksilla prosessivesien laatua. Analysaattoreiden avulla

saadaan eri prosessinosista tärkeää tietoa tuotannosta, turvallisuuden hallinnasta, laadusta ja ympäristöpäästöistä.

Laitekannan määrittämisen lopputuloksena syntyi kattava taulukko masuunien, voimalaitoksen, terässulaton, koksaamon sekä nauha- ja levyvalssaamon analysaattoreista (liite 2). Taulukosta huomataan, että laitekanta on tehtaalla varsin kirjava, mikä aiheuttaa haasteensa kunnossapidolle, huollettavuudelle ja kunnonvalvonnalle. Tilannetta pyritään parantamaan tulevaisuudessa kaventamalla laitekantaa ja kiinnittämällä enemmän huomiota analysaattoreiden hankintaan.

Taulukon pohjalta investointipalvelu, suunnittelu ja kunnossapitohenkilöstö näkevät koko tehtaan laitekannan, analysaattoreiden ominaisuuksia sekä niille suoritettavat huollot ja huoltovälit. Laitetoimittajat ja niiden yhteyshenkilöt on listattu mahdollisimman tarkasti jokaisen analysaattorin kohdalle. Taulukko helpottaa erityisesti analysaattoreiden hankintoja suorittavaa henkilöstöä, joka voi olemassa olevan laitekannan perusteella tehdä valintoja kilpailutuksen yhteydessä. Tällä tavalla laitekantaa saadaan yhdenmukaistettua, mikä helpottaa puolestaan kunnonvalvontaa ja luo mahdollisuuksia laitteiden diagnostiikkaominaisuuksien käytölle tulevaisuuden kunnonvalvonnassa.

Haasteena Excel-tiedostossa oli sen tallentaminen ja ylläpito. Tiedostossa on sekä Artusta että Almasta löytyviä tietoja, joten tiedoston tallentaminen ylläpidettävään muotoon ei ollut yksiselitteistä. Listan ylläpito on kuitenkin tärkeää ottaa huomioon, jotta kootun materiaalin käytettävyys on hyvä ja tiedot ovat ajan tasalla ja päivitettävissä. Asiasta järjestettiin opinnäytetyön loppuvaiheessa palaveri, jossa mietittiin eri ratkaisuvaihtoehtoja kunnossapidon, investointipalvelun ja suunnittelun näkökulmista. Yhteistyössä päästiin ratkaisuun, joka tyydyttää kaikkia osapuolia.

Tiedosto talletetaan piirustusdokumenttina Almaan, jolloin se on esimerkiksi investointipalvelun käytettävissä. Tiedosto liitetään myös jakeluun osastoille todennäköisesti tekemällä oma jakelu. Koska tiedot palvelevat hyvin kunnossapitoa, piirustusdokumentti talletetaan myös Arttuun dokumenttina ja liitetään analysaattoreiden huoltotöille. Tiedoston ylläpito ja päivittäminen Almassa jää suunnittelun vastuulle, koska kunnossapidolla ei ole muokkausoikeuksia ja

päivitykset on syytä tehdä keskitetysti. Toimenpiteet muutosten yhteydessä toteutetaan samalla tavalla kuin muidenkin piirustusten, eli esimerkiksi kentällä paperiversioihin tehdyt muutokset lähetetään suunnitteluun ja päivitetään siellä. Kun piirustusdokumenttia päivitetään, päivittyy se Artussa automaattisesti kaikille huoltotöille, joille se on liitetty.

3.2 Kriittisyystarkastelu

Kriittisyydellä kuvataan johonkin kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski ei ole hyväksyttävällä tasolla. Tämä tarkoittaa sitä, että riski voi aiheuttaa henkilövahinkoja, merkittäviä aineellisia vahinkoja ja tuotannon menetyksiä tai muita ei-hyväksyttäviä seurauksia. Riskin suuruudella tarkoitetaan käytännössä vikaantumisen vaikutuksen ja todennäköisyyden tuloa. (9, s. 2.)

Analysaattoreiden kriittisyystarkastelussa otettiin huomioon kuhunkin analysaattoriin liittyvät tuotannonmenetysten ja laatukustannusten mahdollisuudet sekä turvallisuus- ja ympäristöriskit vikaantumisen näkökulmasta. Analysaattorit jaettiin taulukoihin osastoittain ja kustakin analysaattorista kerrotaan viidellä pääkohdalla, joita ovat ennakkohuoltotyönumero, analysaattori, käyttö, kriittisyys ja huomioita. Kriittisyysmahdollisuuksia on viisi: erittäin kriittinen, kriittinen, melko kriittinen, ei kovin kriittinen ja ei kriittinen. Kriittisyysluokitus päätettiin tehdä sanallisesti, jotta lukijalle jäisi konkreettinen kuva siitä, mikä kussakin analysaattorissa on kriittistä. Huomioita-sarakkeessa on selvitetty varaosa- ja varalaitetilannetta sekä muita huomioitavia asioita.

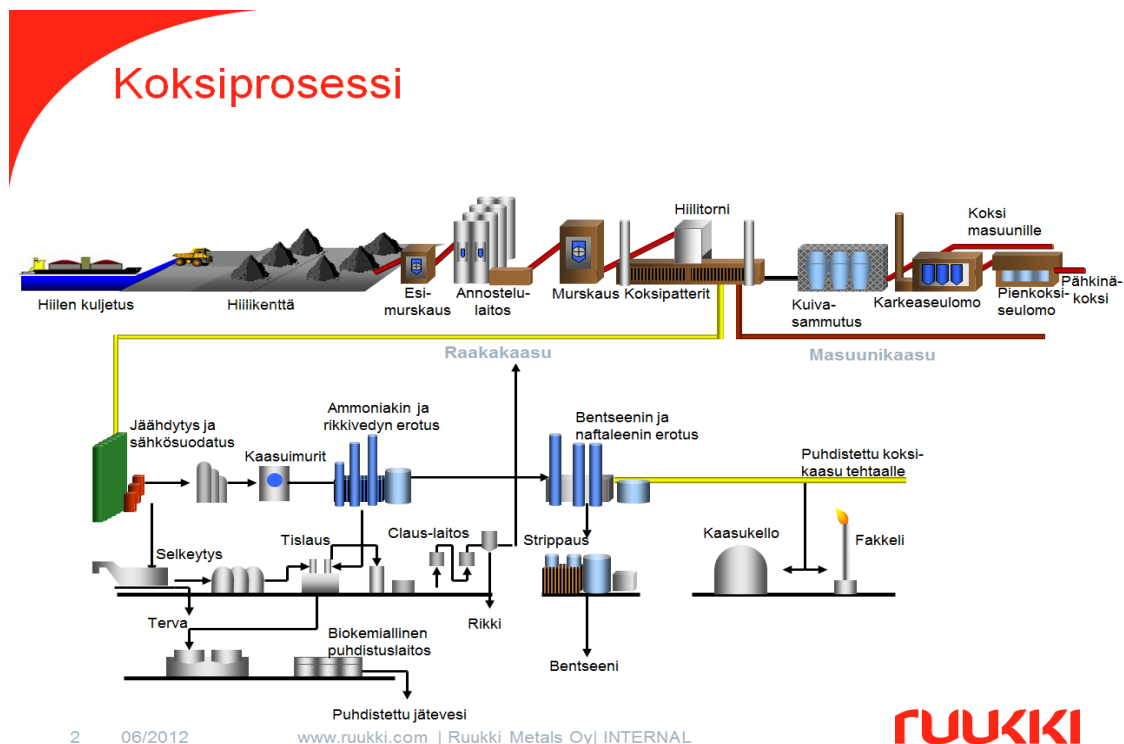
Terästehtaan analysaattoreihin perehtyminen ja kriittisyyden selvittäminen vaati vierailuja terästehtaan eri osastoilla. Aluksi oli saatava yleiskäsitys terästehtaan osaprosesseista, jotta analysaattoreiden merkitykseen pääsi käsiksi kunnolla. Seuraavissa luvuissa on lyhyet esittelyt tehtaan tärkeimmistä osaprosesseista sekä niihin liittyvien analysaattoreiden kriittisyysluokitus.

3.2.1 Koksaamo

Koksaus on kuivatislausprosessi, jonka tarkoituksena on erottaa kivihiilestä haihtuvat ainesosat (kuva 7). Ruukin koksaamalla koksaus tapahtuu kahdessa

koksipatterissa, joissa molemmissa on 35 kappaletta n. 16 metriä pitkiä, 7 metriä korkeita ja 40 cm leveitä uuneja. Koksauksen jälkeen n. 1050-asteinen koksiammutetaan kuivasammutuslaitoksella, jolloin se jäähtyy n. 150-asteiseksi. Kuivasammutuksessa syntyvä kuuma höyry käytetään voimalaitoksella sähköntuottamiseen. (1.)

Koksituotanto on n. 2500 t/vrk. Koksia käytetään masuunissa pelkistysaineena sekä brikettien valmistuksessa raaka-aineena. Koksauksessa syntyvällä, sivutuotelaitoksella käsiteltävällä koksikaasulla on suuri polttoarvo ja sitä käytetäänkin tehtaalla hyvin hyödyksi. (1.)



KUVA 7. Koksiprosessi (1)

Koksaamolla on useita kriittisiä analysaattoreita (taulukko 1). Analysaattoreiden tilanne on koksaamolla kohtuullinen. Huolto-ohjeita olisi syytä kuitenkin tarkentaa ja kriittisimmille analysaattoreille, kuten patterien savukaasuanalysaattoreille, olisi järkevää hankkia varalaitteet turvallisuussyistä. Lisäksi kävi ilmi, että kaikki analysaattorit eivät ole ennakkohuoltotöiden piirissä. Ainakin 2-patterin ja

sivutuotelaitoksen lämpöarvoanalysaattorit tulee lisätä Arttuun ennakkohuoltojen piiriin.

TAULUKKO 1. Koksaamon analysaattoreiden kriittisyys

EH-nro	Analysaattori	Käyttö	Kriittisyys	Huomioita
148904	RIKKIVETYANALYSAATTORI	Ohjataan rikinpoistoreaktorin ilmamääriä automaattisesti.	Melko kriittinen. Näytteenotto käsin mahdollista.	Kattavasti varaosia. Uusitaan lähiaikoina.
1010277	HAPPIANALYSAATTORI	Happimittaus "puhtaasta" kaasusta, lukitukset sähkösuotimille.	Kriittinen. Räjähdysvaara. Turvallisuuden kannalta tärkeä.	Kattavasti varaosia. Suunnittelussa imupuolelle uusi mittaus.
146548	NO-ANALYSAATTORI	NOx-pitoisuudet päästöraporttiin. Ympäristömittaukset.	Ei kovin kriittinen. Mahdollista olla lyhyitä aikoja korjauksessa.	Ei tarvetta varalaitteelle.
1136656	SAMM.KAMMIO 1 ANALYSAATTORIT	Kaasun reaktiivisuus. Tulevan koksen rakenteen tarkastelu. Kattilavuotojen seuranta.	Kriittinen. Turvallisuus, tuotanto, ympäristö. Räjähdysvaara.	Varalaitteet ja varaosia löytyy.
1136836	SAMM.KAMMIO 2 ANALYSAATTORIT	"	"	"
1136576	SAMM.KAMMIO 3 ANALYSAATTORIT	"	"	"
1136976	1-PATTERIN SAKAN CO JA O ₂	Kaasu/ilma-suhde. Jäännöshappi. Uunivuodot. Suunnanvaihtoventtiilien seuranta.	Kriittinen. Räjähdysvaara.	Varalaitteelle tarve.
1141656	2-PATTERIN SAKAN CO JA O ₂	"	"	"
1136516	SEKA LÄMPÖARVO	Koksikaasun määrän säätö seoskaasuun.	Kriittinen.	Uusitaan viimein patterien remontissa. Varalaitte vieressä.

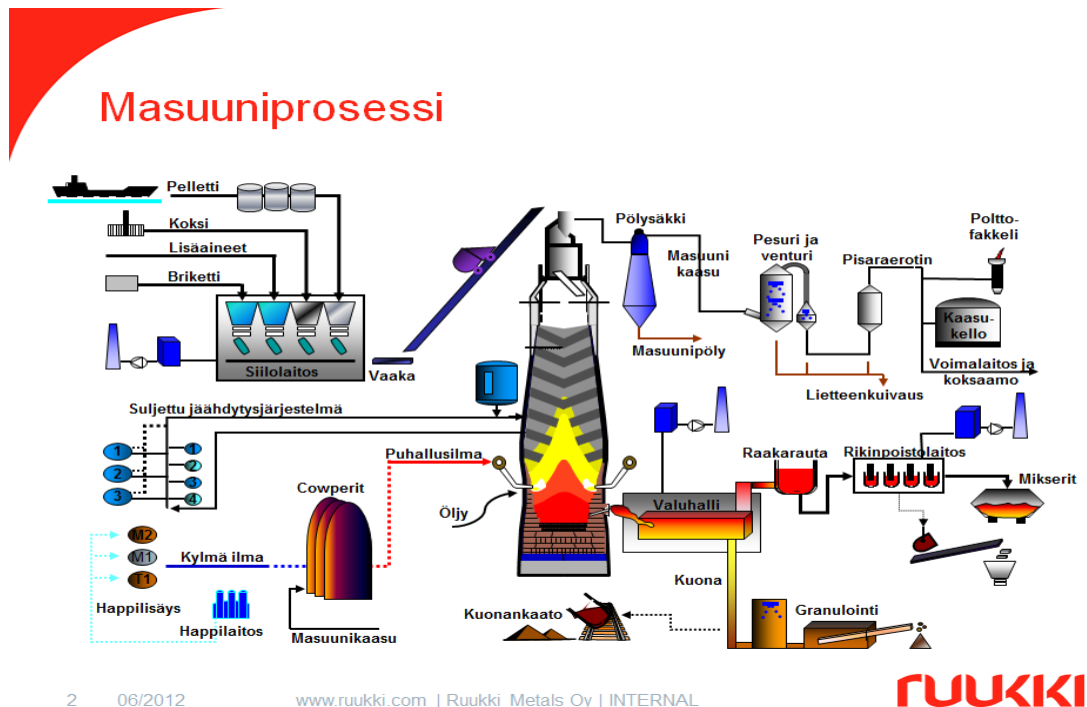
" = samat kuin yllä

3.2.2 Masuunit

Raahan terästehtaalla raakarautaa valmistetaan kahdessa masuunissa. Masuuni on jatkuvatoiminen kuilu-uuni. Sen yläosasta panostetaan pellettiä, briketiä ja lisääaineita sekä koksia. Alaosasta puhalletaan cowpereissa esilämmitettyä (n. 1050 °C), happirikastettua ilmaa sekä injektoidaan koksia korvaavana pelkistysaineena öljyä ja kivihiilitervaa (kuva 8). Kuuma ilma polttaa koksia, öljyä ja tervaa, jolloin syntyy pelkistyskaasuja, kuten häkää (CO) ja vetyä (H₂). Pelletin ja briketin sisältämät rautaoksidit pelkistyvät eli niistä poistuu happea. Tuottee-

na syntyy n. 1470-asteista sulaa raakarautaa sekä kuonaa ja masuunikaasua. (1.)

Raakarautaa valmistuu n. 2,5 ja kuonaa 0,45 miljoonaa tonnia vuodessa. Raakarauta kuljetetaan senkoilla rikinpoiston kautta terässulatolle ja kuona joko granulointiin tai kuonankaatopaikalle. Masuunikaasu puhdistetaan ja siirretään käyttöön voimalaitokselle ja koksaamolle. (1.)



KUVA 8. Masuuniprosessi (1)

Masuuneilla kriittisimmät analysaattorit tuotannon kannalta ovat kihtikasuanalyysaattorit ja kaasunjakauma-analysaattorit (taulukko 2). Varaosia laitteille on saatavilla kohtuullisen hyvin ja ne ovat järjestelmässä, mutta varalaitteita ei ole kuin kalkinpolttolaitoksen kalorimetrille. Varalaitteet olisi hyvä olla ainakin kriittisimmille analysaattoreille. Uusinnassa on parhaillaan tai lähiaikoina ainakin jäännöshappimittaukset cowpereilla sekä kihtikaasuanalyysaattorijärjestelmä. Kihtikaasuanalyysaattorit ovat niin tärkeitä tuotannon kannalta, että uusinnan yhteydessä on syytä tarkistaa varalaitteen liittämismahdollisuus järjestelmään. Kihtikaasuanalyysaattoreita tarkastellaan tarkemmin luvussa 4.

Hengitysilman häkäpitoisuusanalysaattori on myös tärkeä, mutta jokaisella masuunien alueella työskentelevällä on oltava lisäksi turvallisuusmääräysten mukaan kalibroitu kannettava häkämittari. Alasajoanalysaattori on siirrettävä ja käytössä vain silloin, kun masuuni ajetaan alas, eikä se ole huoltotöiden piirissä. Tämä analysaattori on suunnitelmassa uusia ja yhdistää kaasunjakaumaanalysaattoriin. Tällöin laitteiston saisi huollon piiriin ja liitettyä väylällä järjestelmään, jolloin toimintavarmuus paranisi jatkuvassa käytössä.

TAULUKKO 2. Masuunien analysaattoreiden kriittisyys

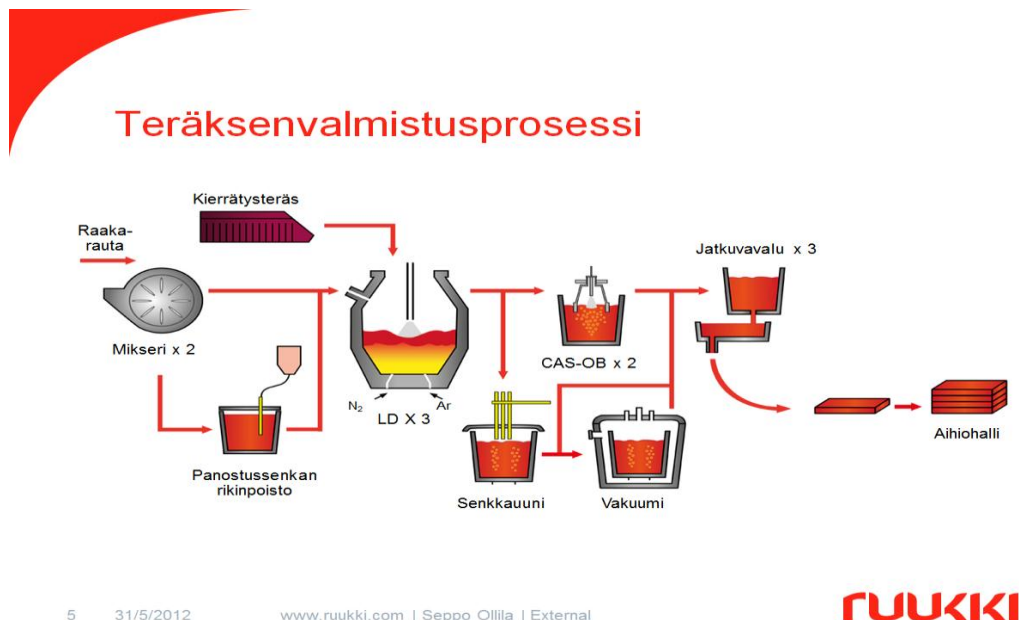
EH-nro	Analysaattori	Käyttö	Kriittisyys	Huomioita
147072	KALKINPOLTAMON KALORIMETRI	Kalorimetrin MJ-arvon mukaan syötetään polttoainetta ja laskutetaan päästöistä. Päästöraportissa.	Melko kriittinen. Voidaan ajaa myös kuutiomäärien perusteella.	Tärkeimmät varaosat ja vanha varalaitte löytyy.
1984803	MA1 COWPERIEN JÄÄNNÖSHAPPIMITTAUKSET	Säädetään ilman määrää suhteessa masuunikaasuun.	Melko kriittinen. Vaikutus etenkin energiatehokkuuteen.	Varaosia löytyy. Osa laitteista uusinnassa.
2064616	MA2 COWPERIEN JÄÄNNÖSHAPPIMITTAUKSET	"	"	"
1984525	MA1 PUHALLUSILMAN KOSTEUSMITTAUS	Mitataan puhallusilman kosteutta. Käytetään laskennassa.	Melko kriittinen. Vaikuttaa laskentaan.	Ei varalaitetta. Varaosia löytyy.
2054336	MA2 PUHALLUSILMAN KOSTEUSMITTAUS	"	"	"
1965836	MA1 KAASUNJAKAUMA-ANALYSAATTORI	Otetaan masuunin sisältä näytteitä kaasunjakaumasta. Kertoo myös lämpötilat mittauspisteistä.	Kriittinen. Vaikuttaa masuunin ajoparametreihin ja turvallisuuteen.	"
2050158	MA2 KAASUNJAKAUMA-ANALYSAATTORI	"	"	"
145014	MA1 HENGITYSILMAN CO-ANALYSAATTORI	Hengitysilma tehdään tehtaan paineilmaverkosta suodattamalla ja puhdistamalla. Mitataan hengitysilman häkäpitoisuutta.	Melko kriittinen. Jokaisella oltava lisäksi kannettava CO-mittari turvallisuussyistä.	"
1960776	MA 1 PÖLYNMÄÄRÄMITTAUKSET	Mitataan savukaasuista pölymääriä. Sidoksissa päästöraporttiin.	Ei kovin kriittinen. Mahdollista olla lyhyitä aikoja korjauksessa.	Varaosia kattavasti. Ei tarvetta varalaitteelle.
1981707	MA 2 PÖLYNMÄÄRÄMITTAUKSET	"	"	"
142850	MA1/MA2 KIIHTIKAASUANALYSAATTORI	Mitataan kihtikaasun CO-, CO ₂ - ja H ₂ -pitoisuuksia, joiden perusteella säädellään masuuniprosessia.	Erittäin kriittinen. Merkittäviä tuotannollisia vaikutuksia. Vuorottelukäyttö mahdollista jos toinen vikaantuu, mutta aiheuttaa merkittäviä kustannuksia.	Uusimistarve. Varalaitteelle tarve. Perusvaraosat löytyy.

3.2.3 Terässulatto

Kun raakaraudalle on tehty rikinpoistokäsittely rikinpoistolaitoksella, jatkaa se matkaa senkoilla terässulatolle. Sula raakarauta välivarastoidaan kahteen kapasiteetiltaan 1300 t:n mikseriin. Sieltä raakarauta panostetaan perusseostuksen jälkeen konverttereihin. Yhden konvertterin panos on n. 125 t terästä, josta n. 20 % on kierrätysterästä. Panokseen puhalletaan happea virtausnopeudella 350 Nm³/min noin 18 minuutin ajan ja pohjapuhalluksena argonia. Käsittelyssä mm. raudan hiilipitoisuus laskee, jolloin syntyy terästä (1630–1720 °C). (1.)

Konverttereilta sula teräs siirretään tilauksesta riippuen joko senkkauuni- ja/tai vakuumlaitokselle tai CASOB:n kautta jatkuvavalulaitokselle (kuva 9). Jälkikäsittelyillä saavutetaan esimerkiksi parempaa lämpötilanhallintaa, kuonapuhautusta sekä rikin, vedyn, hiilen ja muiden alkuaineiden poistoa. (1.)

Aihion valmistuksessa sula teräs valetaan esiaihioksi. Raahen tehtaalla on käytössä jatkuvavalukoneet 4, 5 ja 6. Niiden maksimivalunopeus on n. 1,8 m/min. Jatkuvavalukoneissa on säädettävät kokillit, joiden avulla aihioiden mittoja voidaan muuttaa. Valunauha leikataan aihioiksi, jotka mitataan, punnitaan ja merkitään. Aihiot varastoidaan aihiohalliin. (1.)



KUVA 9. Teräksenvalmistusprosessi (1)

Terässulaton analysaattoreiden huollot ovat automaatiohuollon vastuulla. Analysaattorit ovat pääasiassa pölymittauksia piipuista. Pölymittauksille ei ole varalaitteita, mutta kriittisimmille analysaattoreille, kuten vakuuulaitoksen analysaattorille ja asetyleeni/happi-analysaattorille, löytyy myös varalaitteet. Varasatilanne on hyvä (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Terässulaton ja rikinpoiston analysaattoreiden kriittisyys

EH-nro	Analysaattori	Käyttö	Kriittisyys	Huomioita
175386	VAKUUMILAITOS CO,CO ₂ ,O ₂	Vakumointiprosessin ohjaus.	Kriittinen. Toiminta vaikuttaa varsinkin matalahiilisten laatujen valmistukseen.	Varalaite ja varaosia löytyy. Huonot olosuhteet!
175384	TE RIKINPOISTO ASETYLEENI/HAPPI	Räjähdyksivaarallisen kaasuseoksen syntymisen estäminen. Lukitus typensyötölle inertointiin.	Kriittinen. Räjähdyksivaara. Toiminta vaikuttaa turvallisuuteen ja tuotejakaumaan.	Uusi varalaite ja varaosia löytyy.
175394	SEKUND.PÖLYNPOISTO SICK	Pölypitoisuuksien mittaust. Päästöraportissa.	Ei kovin kriittinen. Mahdollista olla lyhyitä aikoja korjauksessa.	Ei varalaitetta. Varaosia mm. suodattimet
175393	SEKUND.PÖLYNP. DURAG	"	"	Ei varalaitetta.
147455	RIKINPOISTON PÖLYNPOISTON PÖLYMITTAUS	"	"	Ei varalaitetta. Varaosia mm. suodattimet
2754718	TS UUDEN SEKUND.PÖLYNP. DURAG	"	"	Ei varalaitetta. Uusi.

Osa analysaattoreista ja niiden kalibroitikaasupulloista sijaitsee todella haastavissa olosuhteissa. Talvisin on ilmennyt jäätymisongelmia ja kesähelteillä laitteet ovat usein ylikuumentuneet. Ongelmia on korjattu lisäämällä analysaattori-kaappeihin sähkölämmittimiä ja kuumimpina aikoina jäähdytystä on parannettu paineilman ja lisäritilöiden avulla. Esimerkiksi vakuuulaitoksen analysaattorin kalibroitipullot ovat paikassa, jossa niiden päälle on pudonnut korjaustöiden yhteydessä monenlaisia epäpuhtauksia (kuva 10). Vastaavan tilanteen välttämiseksi tulevaisuudessa kyseisen kohteen pullot sijoitetaan peltikaappiin.



KUVA 10. Vakuumlaitoksen analyysoittorin kalibrointikaasupullot sijaitsevat haastavissa olosuhteissa.

3.2.4 Nauhavalssaamo

Kuumanauhavalssaamo käsittää aihion panostuksen ja viimeistelyvalssauksen väliset toiminnot. Kunnostetut ja tarkistettut aihiot panostetaan askelpalkkiuuneihin, joissa ne kuumennetaan koksi- ja nestekaasun avulla laadun mukaan jopa yli 1200 °C:seen. Kuumennuksessa syntyvä uunihilse poistetaan hilsepesurissa 300 barin vesipesulla. Aihio valssataan esivalssaimella 20–40 mm paksuksi esinauhaksi ja esinauha pystyvalssilla haluttuun leveyteen. (1.)

Suurin osa valssattavista tuotteista kelataan esinauhakelaimella eli coilboxilla, jolloin maksimipainoisten aihoiden valssaus on mahdollista. Ennen varsinaista valssausta esinauhan alku- ja loppupää katkaistaan päätyleikkurilla. Lähes täysin automatisoitu nauhavalssain ohentaa kuudella valssituolilla esinauhan loppupaksuuteen 1,5–20 mm (kuva 11). Valssauksen loppulämpötilalla on suuri vaikutus nauhan mekaanisiin ominaisuuksiin. Valssauksen jälkeen punahehkuihin nauha jäähdytetään laminaarisilla lasiverhoilla ja laminaarisuihkuilla halut-

tuun kelauslämpötilaan. Tämän jälkeen nauha kelataan maksimissaan 20 t:n painoiseksi kelaksi ja siirretään varastoon. (1.)



KUVA 11. Kuumanauhavalssain (1)

Leikatut kelatuotteet, LKT, on yksikkö, joka jatkojalostaa valssattuja keloja. LKT:n tuotantolinjat ovat nauhalevyleikkauslinja, peittäuslinja sekä rainaleikkauslinjat. Lopputuotteena ovat nauhalevyt, rainat ja peitatut kelat. (1.)

Nauhavalssaamon analysaattoreilla mitataan askelpalkkiuuni 5:n savukaasuja sekä lämpöarvoa (taulukko 4). Savukaasuanalysaattori on päästöraportissa ja sen huollot suorittaa tällä hetkellä nauhavalssaamon kunnossapito. Lämpöarvoanalysaattori on puolestaan korjaamon automaatiohuollon huoltovastuulla. Kummankin analysaattorin varaosatilanne on hyvä ja huolto-ohjeet ovat selkeät.

TAULUKKO 4. Nauhavalssaamon analysaattoreiden kriittisyys

EH-nro	Analysaattori	Käyttö	Kriittisyys	Huomioita
1775196	AP-5 UUNI SAVUKAASU-ANALYSAATTORI	CO-, NO- ja O ₂ -pitoisuudet savukaasusta. Ympäristömittaukset päästöraporttiin.	Melko kriittinen. Informaatio uunin tilasta.	Tärkeimmät varaosat löytyy kattavasti.
149223	AP-5 UUNI LÄMPÖARVO-ANALYSAATTORI	Koksikaasun määrän optimointi.	Ei kovin kriittinen. Vaikuttaa energiatehokkuuteen.	"

3.2.5 Levyvalssaamo

Levyvalssaamo käsittää aihion panostuksen ja plasmaleikkauksen väliset toiminnot. Levyvalssaamon toimintoja ovat aihion panostus ja kuumennus, valsaus, oikaisu, normalisointi, merkkkaus, jäähdytys sekä pääty-, reuna-, paloittelu- ja polttoleikkaus. Vuotuinen tuotanto levyvalssaamolla on n. 600 000 t. EKT eli esikäsitellyt levytuotteet käsittää levyjen maalauksen, polttoleikkauksen, viisteytyksen, viimeistelyn, paketoinnin ja varastoinnin sekä lähettämisen. (1.)

Levyvalssaamolla analysaattorit ovat uunien happimittauksia, joiden avulla saadaan tietoa läpityöntö- ja normalisointiuunien happitasoista ja säädetään uunien polttoprosesseja (taulukko 5). Analysaattorit sisältävät zirkoniumanturit, joilta tulee millivolttiviestit vahvistimelle, joka muuntaa ja lähettää tiedon edelleen automaatiojärjestelmään (10). Happimittauksia on runsaasti ja laitteet uuneilla identtisiä, joten niitä ei eritelty listaan. Anturit ovat huoltovapaita eivätkä ne ole ennakko- ja huoltotöiden piirissä. Antureita ja muuntimia vaihdetaan aina vikaantumisen jälkeen. Vian yhteydessä anturin toiminta voidaan testata kalibrointikaa-sulla testikaasunipan avulla.

TAULUKKO 5. Levyvalssaamon happimittausten kriittisyydet

EH-nro	Analysaattori	Käyttö	Kriittisyys	Huomioita
-	LEVA LTU11 VYÖHYKKEIDEN HAPPIPITOISUUSMITTAUKSET	Tarkastellaan läpityöntöuuni 11:n happitasoja uunin eri osissa. Säädetään ilman ja kaasun suhdetta happiarvon mukaan.	Ei kovin kriittinen. Vaikutus energiatehokkuuteen ja laatuun. Mahdollisuus ohjata myös kiinteällä suhteella.	Ei ennakko- ja huoltotöiden piirissä. Kahdennettu. Varaosat järjestelmässä.
-	LEVA LTU12 VYÖHYKKEIDEN HAPPIPITOISUUSMITTAUKSET	Tarkastellaan läpityöntöuuni 12:n happitasoja uunin eri osissa. Säädetään polttoilman ja kaasun suhdetta happiarvon mukaan.	Ei kovin kriittinen. Vaikutus energiatehokkuuteen ja laatuun. Mahdollista ohjata myös kiinteällä suhteella.	Ei ennakko- ja huoltotöiden piirissä. Varaosat järjestelmässä.
-	NU1 SAVUKAASUN HAPPIMITTAUKSET, VYÖHYKE 1,5,10	Informatiivista tietoa uunin vyöhykkeiden happitasoista. Ei suoraan säädöissä.	Ei kriittinen. Voidaan parantaa energiatehokkuutta.	Ei ennakko- ja huoltotöiden piirissä. Varaosat järjestelmässä.
-	NU2 VYÖHYKKEIDEN 1,2,3 O ₂ -PITOISUUSMITTAUKSET	Säädetään polttoilman ja kaasun suhdetta happipitoisuuksien mukaan.	Melko kriittinen. Vaikuttaa energiatehokkuuteen ja laatuun.	Ei ennakko- ja huoltotöiden piirissä. Varaosat järjestelmässä. Ei kahdennettu.

3.2.6 Voimalaitos

Voimalaitoksen päätoimintoja ovat höyryn ja sähkön tuotanto ja jakelu tehtaalle, masuunien puhallusilman tuotanto, kaukolämmön kehitys ja jakelu kaupungille ja tehtaalle. Lisäksi voimalaitoksella valmistetaan kattilavettä valssaamolle, koksamolle ja omaan tarpeeseen. Myös polttoaineiden ja -kaasujen jakelu sekä jäähdytysvesien pumppaus osastoille ja osaltaan paineilman tuotanto on voimalaitoksen vastuulla. Voimalaitoksen sähköntuotanto kattaa n. 60 % tehtaan sähkönkulutuksesta. Voimalaitoksella tuotetaan korkeapaineista (n. 82 bar) tulistettua (n. 525 °C) höyryä kattiloilla 3 (144 MW) ja 4 (110 MW). (1.)

Kattiloissa käytetään polttoaineena pääasiassa masuunikaasua, mutta myös koksikaasua, raskasta polttoöljyä ja kivihiilitervaa. Sähköä puolestaan tuotetaan kahdella höyryturbiinikäyttöisellä generaattorilla. Masuunien puhallusilma tuotetaan 9 MW:n turbo- ja 12 MW:n moottoripuhaltimella. (1.) Opinnäytetyön tekemisen aikana uutisoitiin, että Raahen Voima Oy on ostanut nykyisen voimalaitosliiketoiminnan ja investoi voimalaitoksen uusimiseen merkittävästi.

Voimalaitoksen analysaattoreista suurimmalla osalla mitataan veden pH-arvoa prosessin eri vaiheista. Vesien laatuarvot vaikuttavat niiden käytettävyyteen prosessissa ja hyvälaatuisen kattilaveden loppuminen voi aiheuttaa jopa tuotannon pysähtymisen esimerkiksi masuuneilla ja valssaamolla. Lisäksi huonolaatuinen vesi vaikuttaa kattiloiden ja turbiinien kuntoon ja turvallisuuteen. pH-antureiden ikääntymisen ja mahdollisten vikaantumisten varalta kaikille antureille on olemassa vara-anturit.

Kriittisiä analysaattoreita ovat lisäksi vetyanalysaattorit, joiden avulla säädetään prosessia ja tarkastellaan vetyvuotoja generaattorista. Vetypitoisuuden nousu generaattorissa aiheuttaa räjähdysvaaran. Kokonaisuudessaan analysaattoreiden tilanne on voimalaitoksella hyvä, sillä laitteita on uusittu ja lähiaikoina uusittavat laitteet parantavat tilannetta entisestään (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Voimalaitoksen analysaattoreiden kriittisyys

EH-nro	Analysaattori	Käyttö	Kriittisyys	Huomioita
173215	SL1 RAAKAVEDEN pH	Veden laadun tarkkailu ja säätely.	Melko kriittinen. Vaikutus kattiloiden ja turbiinien kuntoon ja turvallisuuteen.	Vara-anturi löytyy.
173217	SL1 FLOTATIOALTAAN pH	"	"	"
173218	SL1 VÄLIHÄMMENNIN-ALTAAN pH	"	"	"
147090	K4 KATTILAVESI pH-MITTAUS	Kattilaveden laadun seuranta.	Kriittinen. Kattilaveden loppuminen voi aiheuttaa jopa tuotannon pysähtymisen. Laitteistojen kunto ja turvallisuus.	"
147091	K3 KATTILAVESI pH-MITTAUS	"	"	"
147092	K3 SYÖTTÖVESI pH-MITTAUS	Veden laadun tarkkailu.	Melko kriittinen. Vaikutus kattiloiden ja turbiinien kuntoon ja turvallisuuteen.	"
173216	SL2 pH MITTAUS	"	"	"
147089	K4 SYÖTTÖVESI pH-MITTAUS	"	"	"
147093	TG01 LAUHTEN pH-MITTAUS	"	"	"
146718	KATTILA 3:N JA KATTILA 4:N YMPÄRISTÖMITTAUKSET	Ympäristömittaukset; pöly, kosteus, CO ₂ , O ₂ . Päästöraportissa.	Ei kovin kriittinen. Mahdollista olla lyhyitä aikoja poissa käytöstä.	Ei varalaitteita. Perus varaosat löytyy.
1010358	KATTILA 3 SAVUKAASUN HAPPIMITTAUS	Säädetään palamisprosessia jäännöshappiarvon mukaan. Säädetään suhteessa polttoaineen määrään.	Kriittinen. Vikaantuminen voi aiheuttaa pahimmassa tapauksessa kattilan alasajon.	Kahdennettu mittausta. Mahdollisuus vaihtaa tilalle toinen analysaattori.
1010367	KATTILA 4 SAVUKAASUN HAPPIMITTAUS	"	"	"
167297	LIUENN. HAPEN MITTAUS SYVE, TG02:N LAUHDE	Korroosion ja kulumisen estäminen, vuotojen ilmaiseminen. Kunnonvalvonta.	Ei kriittinen. Informatiivista tietoa.	Uusittu. Varaosatilanne OK.
147095	LIUENNEEN HAPEN MITTAUS TG01	"	"	Varaosatilanne OK.
147094	LIUENNEEN HAPEN MITTAUS TURBO	"	"	Uusittu.
1900957	LIUENNEEN HAPEN MITTAUS KAUKOLÄMPÖVEDESTÄ	"	"	Varaosatilanne OK.
147082	PIIHAPPOMITTAUS	Veden laadun tarkkailu.	Ei kriittinen. Informatiivista tietoa.	
144058	VETYANALYSAATTORIT	Mittausten perusteella säädetään prosessia. Generaattoreista tarkastellaan vetyvuotoja.	Kriittinen. Voidaan ajaa ilman, mutta aiheuttaa erityistoimenpiteitä. Räjähdyksivaara.	Varaosia löytyy. Suunnitelmissa uusia muutaman vuoden sisään.
1908699	NA-ANALYSAATTORI	Veden laadun tarkkailu.	Ei kriittinen. Informatiivista tietoa.	

3.2.7 Tutkimuslaitos

Ruukin tutkimuslaitoksella on runsaasti erityyppisiä näytteenottoanalysaattoreita. Ennakkohuollot on suoritettu täsmällisesti Artun ennakkohuoltojärjestelmän käyttöönoton jälkeen, mikä on näkynyt selvästi vikaantumisten vähenemisenä. Huollot on suoritettu laitetoimittajan suositusten mukaan ja lisäksi tarvittaviksi koetut tarkastukset on tehty. Huollot on myös pyritty tekemään omalla henkilöstöllä mahdollisimman kattavasti. Ainoastaan muutamiin erikoisanalysaattoreihin käytetään ulkopuolisia huoltopalveluita.

Tutkimuslaitoksen analysaattoreiden huoltojen siirtäminen keskitettyyn kunnossapitoon ei olisi kovin järkevää, sillä laitekanta on erittäin kirjava ja huoltaminen vaatii laitteen perusteellista tuntemista ja lähes päivittäistä käyttöä. Lisäksi tutkimuslaitoksella on käytössä päivystysjärjestelmä, joka mahdollistaa laitteiden välittömän korjauksen vikatilanteessa.

Osa analysaattoreista on vahvasti yhteydessä prosesseihin ja vikaantumistilanteessa korjaustarve voi olla välitön. Tutkimuslaitoksen analysaattoreiden varaosien saatavuus on huolehdittu hyvin (kuva 12). Varaosakaapeista löytyy kattavasti perushuoltoihin ja korjauksiin tarvittavat osat varaosanumeroineen ja nimikkeineen. Tämä on ehdottomasti hyvä asia, sillä suurin osa laitteista on tehtaan tasolla epätavallisia ja varaosien saapuminen tilauksella saattaa viedä viikkoja.



KUVA 12. Tutkimuslaitoksen analysaattoreiden yksi varaosakaappi

3.2.8 Ympäristö

Ruukilla tehdään esimerkiksi savukaasuista ja prosessivesistä runsaasti ympäristömittauksia, joiden tuloksia viranomaiset valvovat. Viranomaisia ympäristövalvonnassa ovat ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus, aluehallintovirasto, ELY-keskus, Raahen kaupunki ja Tukes. Päästömittauksia ohjaavat ympäristöpäästöjen luparajat, joiden sisällä tulisi pysyä. (11.)

VAHTI-järjestelmään tulee ilmoittaa välittömästi häiriöt, jotka aiheuttavat joko päästön tai sen, ettei kuormitusta saada selville. Häiriöitä ja poikkeamia kerätään myös Safety Tool -järjestelmän kautta. Ylityksen sattuessa ympäristösuojelulain mukaan toiminnanharjoittajalla on velvollisuus ilmoittaa sattuneista luparajojen ylityksistä viranomaisille. Ympäristöasioissa avoimuus on lisääntymässä, minkä ansiosta ylitykset tai huomautukset aiheuttavat helposti negatiivista kuvaa yrityksen imagolle. (11; 12.)

Analysaattorit ovat ympäristömittauksissa tärkeässä roolissa. Tiedon saaminen ja oikeellisuus on tärkeää, joten analysaattoreiden on oltava hyvässä kunnossa ja ajallaan kalibroituina. Analysaattoreiden vaatimukset ympäristömittauksissa ovat laitteiden hyvä toimintakunto, ajallaan suoritettut huollot ja kalibroinnit sekä hyväksytyt mittausmenetelmät. Ympäristömittausta suorittavan laitteen vikaantuttua on siitä välittömästi ilmoitettava viranomaisille ja ryhdyttävä toimenpiteisiin laitteen kunnostamiseksi. Vaatimuksia varalaitteille ei kuitenkaan ole, joten ympäristömittausanalysaattori voi olla lyhyitä aikoja poissa käytöstä korjauksen takia, mikäli se ei ole esimerkiksi alueella työskentelevien henkilöiden turvallisuuden kannalta kriittinen. (12.)

4 KIIHTIKAASUANALYSAATTORI

Opinnäytetyötä tehtäessä yksi analysaattorijärjestelmä osoittautui tuotannon kannalta tärkeimmäksi. Masuuneilla sijaitsevat kihtikaasuanalysaattorit ovat masuunien hallinnan kannalta niin tärkeitä, että niiden toimiminen on turvallisen, tehokkaan ja tuottavan toiminnan kannalta välttämätöntä. Tästä syystä tässä opinnäytetyössä kihtikaasuanalysaattoria käsitellään tarkemmin. Kihtikaasusta mitataan kihtikaasuanalysaattorilla häkä-, hiilidioksidi- ja vetypitoisuutta.

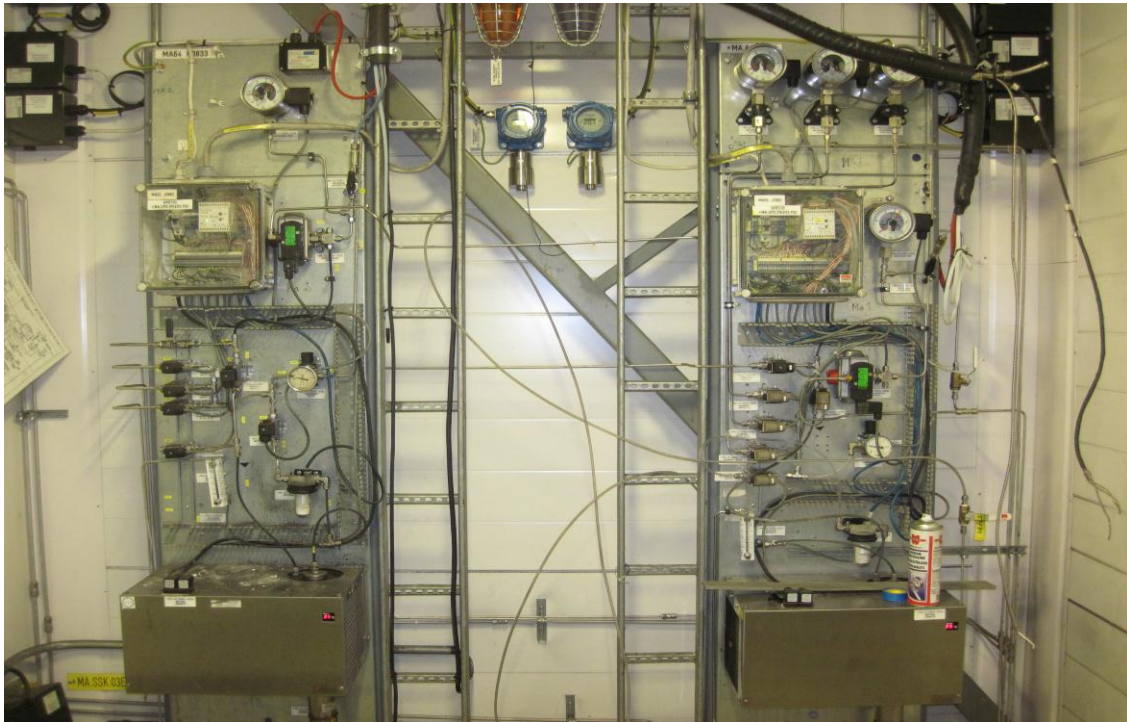
4.1 Kihtikaasuanalysaattorin toimintaperiaate

Tämänhetkinen kihtikaasuanalyysijärjestelmä on PPM-Systemsin toimittama. Molemmilla masuuneilla on samanlainen analysaattorikonaisuus ja kummassakin järjestelmässä on erikseen Siemensin Ultramat 6E CO/CO₂-analysaattori ja Siemensin Calomat 6E H₂-analysaattori (kuva 13) sekä näytteenkäsittely-yksikkö. Järjestelmä virittää itsensä kerran päivässä ja virityksen yhteydessä tarkastetaan nollapiste- ja alueryöminnät. Niiden perusteella analysaattoreiden huollontarvetta on mahdollisuus ennakoida. Analysaattorit korjaavat itsenäisesti lämpötilan, paineen ja kaasujen ristikkäisvaikutukset. (13, s. 2.)



KUVA 13. Masuuni 1:n kihtikaasuanalysaattoreiden keskusyksiköt

Kuvassa 14 näkyvät näytteenkäsittely-yksiköt ovat toiminnaltaan samanlaiset. Ne sisältävät tarvittavat komponentit kihtikaasun saattamiseksi käsiteltävään muotoon analysaattoreille. Lisäksi yksiköissä on virityskaasujen ohjaus- ja valvontakomponentit. Esimerkkejä yksittäisistä komponenteista näytteenkäsittely-yksiköissä ovat näytejäähdytin, automaattinen kondenssiveden poistin sekä kosteusvahti. (13, s. 2.)



KUVA 14. Kihtikaasuanalysaattoreiden näytteenkäsittely-yksiköt

Analyysijärjestelmää ohjaa erillinen Omronin ohjelmoitava logiikka (kuva 15), joka ohjaa ja valvoo koko analyysijärjestelmän toimintaa sekä antaa automaatiojärjestelmään pitoisuuksia vastaavat mA-viestit ja yhteishälytyksen. Kosketusnäytön avulla käyttäjä saa tietoa järjestelmän tilasta, voi muuttaa laitteiston toimintaa ja ohjata järjestelmää. (13, s. 2.) Yleiskäsityksen kihtikaasuanalysaattori-järjestelmän osista ja toiminnasta saa virtauskaaviosta. Ma 2 -kihtikaasuanalysaattorin virtauskaavio on esitetty liitteessä 3.

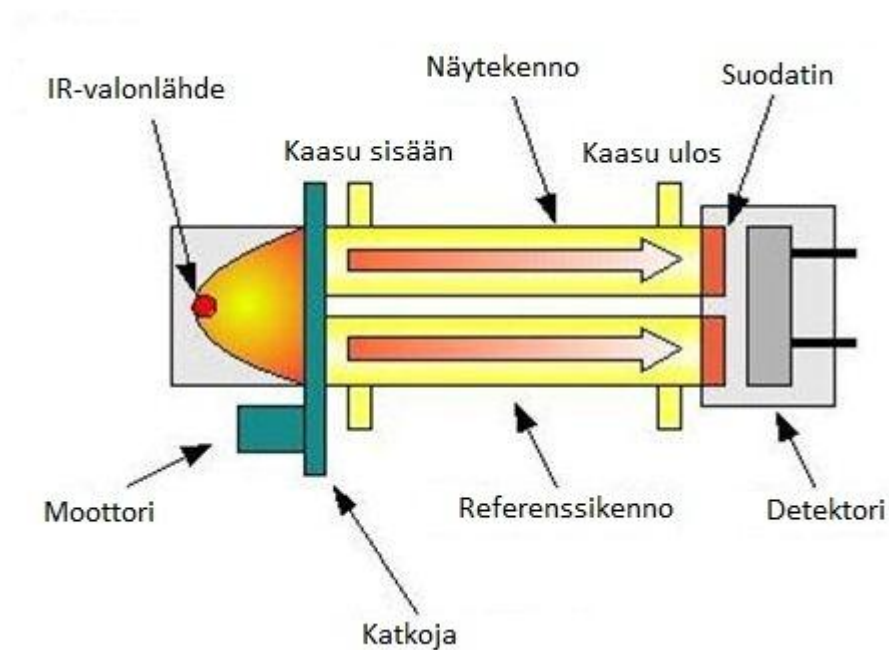


KUVA 15. Kiertikaasuanalysointijärjestelmän logiikkakaappi

4.1.1 Ultramat 6 -kaasuanalysointori

Ultramat 6 -kaasuanalysointorin toiminta perustuu kaksisäde-NDIR-säteilijän tuottamaan vaihtelevaan valoon, joka vastaanotetaan kaksikerrosdetektorilla. Se mittaa selektiivisesti kaasuja, joiden absorptiokaista on infrapuna-alueella 2–9 μm . (13, s. 4.) Absorboituva aallonpituuskaista on ominainen kullekin kaasulle, mutta kaistat voivat mennä osittain päällekkäin. Tämä aiheuttaa häiriöitä, jotka on eliminoitu Ultramat 6 -analysointorissa säteen jakajana toimivalla kaasutäytteisellä suodatinkennolla, optisella kytkimellä varustetulla kaksikerrosdetektorilla sekä optisilla suodattimilla. (13, s. 7.)

Noin 700 °C:seen lämmitetyn infrapunasäteilijän lähettämä säteily jaetaan kah-
tia näyte- ja referenssilinjaan jakajalla, joka toimii samalla suodatinkennona.
Referenssisäde kulkee tyypitäytteisen referenssikennon läpi käytännössä vai-
mentumattomana, kun taas näytesäde kulkee näytekaasukennon läpi detektoril-
le vaimentuen näytekaasun mukaan (kuva 16). (13, s. 7.)

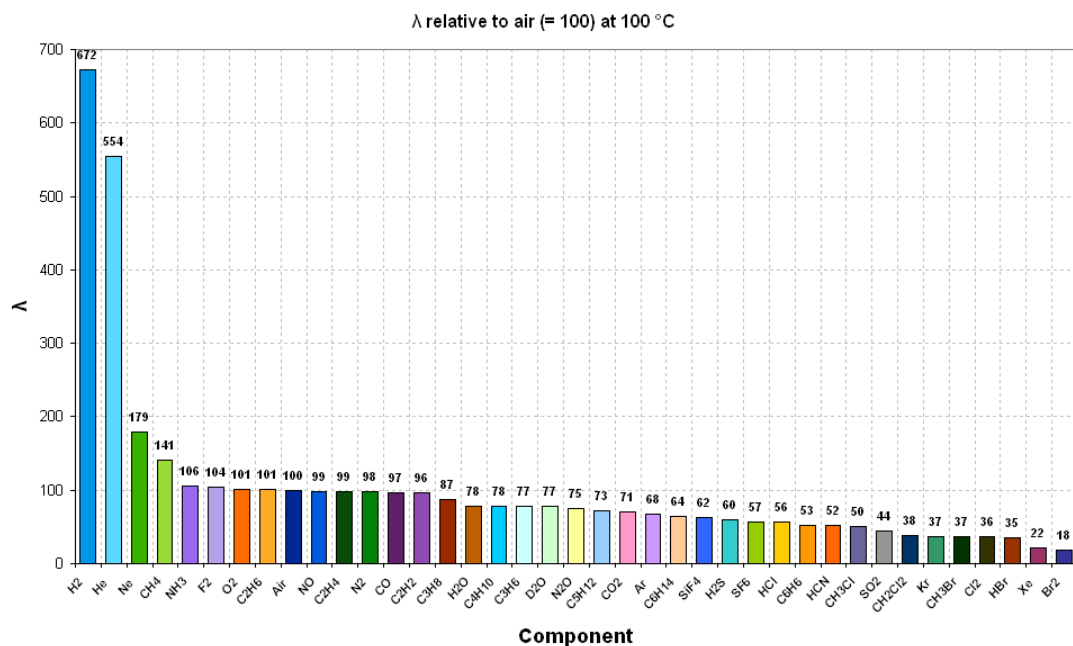


KUVA 16. Kaksisäde-NDIR-mittausperiaate (14)

4.1.2 Calomat 6 -kaasuanalysaattori

Calomat 6 -kaasuanalysaattorin toiminta perustuu eri kaasujen erilaiseen läm-
mönjohtokykyyn. Analysaattoria käytetään pääsääntöisesti vedyn tai heliumin
määritykseen kaasuseoksista. Myös muiden kaasujen pitoisuuksia voidaan mi-
tata, jos niiden lämmönjohtokyky poikkeaa huomattavasti jäännöskaasusta. Ca-
lomat 6E toimii mikromekaanisesti valmistetun piianturin avulla, jossa ohutkal-
vovastukset on asetettu mittauspintaan. Vastukset pidetään vakioämpötilassa
sähkövirran avulla ja virran voimakkuus riippuu mitattavan kaasun lämmönjoh-
tokyvyydestä. Tästä perusarvosta lasketaan kaasun konsentraatio. Ympäristön
lämpötilan vaikutuksen vähentämiseksi anturi on sijoitettu lämpötilasäädettyyn
RST-koteloon. (13, s. 8.)

Suurin ja pienin mahdollinen mitta-alue riippuu mitattavasta kaasusta ja sovel-
luksesta. Mitä suurempi ero lämmönjohtokyvyssä on kahdella eri kaasulla, sitä
parempi on analysaattorin herkkyys ja sitä pienempi voi olla mitta-alue. (15, s.
5.) Kuvassa 17 on esitetty ABB:n koulutusmateriaalista poimittua tietoa eri kaa-
sujen lämmönjohtokyvyistä. Diagrammista näkyy selkeästi, että vety ja helium
poikkeavat lämmönjohtokyvyltään muista kaasuista, ja siten niiden mittaaminen
edellä mainitulla menetelmällä on helpointa.



KUVA 17. Eri kaasujen lämmönjohtokykyjä (15, s. 5)

4.1.3 Viritys ja kalibrointi

Normaalimittaustilassa kaasu johdetaan kummastakin masuunista sondin ja
lämmitetyn näytelinjan kautta omaan näytteenkäsittely-yksikköön.
Analysaattorijärjestelmä menee viritystilaan kerran vuorokaudessa ja virittää
analysaattorit virityskaasuilla. Virityksen ajankohdan voi määritellä logiikan
kosketusnäytön parametrisivuilla. Tällä hetkellä viritys suoritetaan joka aamu klo
7. Virityksen yhteydessä tarkastetaan analysaattoreiden nollapiste- ja
alueryöminnät sekä virityksen onnistuminen. (13, s. 5.)

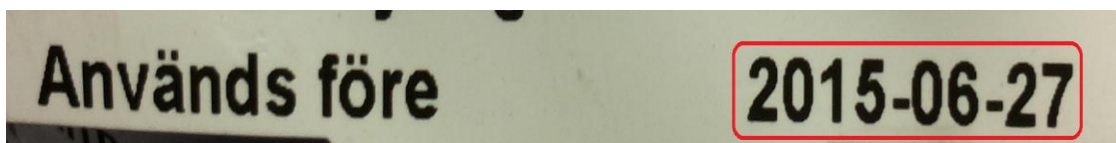
Virityskaasut (kuva 18) paineenalentimiseen sijaitsevat erillisessä tilassa, josta
ne johdetaan näytteenkäsittely-yksikköön. Virityskaasuja on kolme erilaista. N₂-
kaasulla viritetään kaikkien analysaattoreiden nollapiste. H₂/N₂-seoksella

viritetään H₂-analysaattorin alue. CO/CO₂/H₂/N₂-seoksella viritetään CO- ja CO₂-analysaattoreiden alue ja tarkastetaan lopuksi virityksen onnistuminen. Virityksen ajaksi järjestelmää ohjaava logiikka jäädyttää automaatiojärjestelmään menevät milliampeeriviestit. Analysaattori ilmaisee virityksen epäonnistumisen joko huoltopyyntönä tai vikailmoituksena. (13, s. 5, 21.)



KUVA 18. Kihtikaasuanalysaattorien kalibrointikaasupullot

Kihtikaasuanalysaattorien huoltotyön yhteydessä tarkistetaan työohjeen mukaisesti kalibrointikaasupullojen paine ja pitoisuusprosentit. Pullot on suositeltu vaihdettavaksi, kun paine on pudonnut 10 bariin. Myös kalibrointipullojen päiväykset on syytä tarkistaa huoltotyön yhteydessä, sillä joidenkin kaasujen viimeinen käyttöpäivä tulee yllättävän nopeasti vastaan (kuva 19).



KUVA 19. Kalibrointikaasun päiväysmerkintä löytyy pullon kyljestä.

4.2 Kaasuanalyysin vaikutukset

Kihtiokaasuanalysoitsija kertoo paljon masuunin herkän prosessin toiminnasta. Kohonnut häkäarvo (CO) kertoo siitä, että panos ei ole koostumukseltaan tasainen, vaan harvasta kohdasta on päässyt häkää suoraan läpi pelkistämättä rautaosia. Tällöin uunin lämpötila voi laskea voimakkaasti, joten polttoainetta on panostettava lisää tai esimerkiksi puhallusilman määrää säädettävä. Häkäarvon seurannan perusteella voidaan estää uunin jäähtyminen ja kylmäkäynti, jossa uunin lämpötila laskee alle 1350 °C:seen. Lisäksi häkäarvon muutos voi kertoa ylä- tai alakuilun hirtosta, jossa panospinta jää jumiin uuniin eikä laskeudu normaalisti. (16.)

Vetypitoisuuden (H_2) kohoaminen kihtiokaasussa taas kertoo panosmateriaalin kosteudesta tai vesivuodoista masuunin sisällä. Vesivuodot johtuvat yleensä vaipan jäähtymykseen käytettävästä vedestä, jota pääsee joskus kanavan puhkeamisen yhteydessä uuniin. Vesivuoto aiheuttaa uunin jäähtymisen lisäksi ylimääräistä vedyn muodostumista. Ilmiönä vesivuodon yhteydessä voi olla myös välikannen muodostuminen, jolloin masuunin pesä tukkeutuu ja rauta ja kuona alkavat pakkautua välikannen päälle. Tällöin sulaa rautaa ja kuonaa ei saada ulos masuunista rautareian kautta. Ilmiö on harvinainen ja sitä pyritään kaikin keinoin välttämään. Kaasuanalyysin ansiosta tiedetään uunin tila ja välikannen muodostuminen voidaan estää. (16.)

Pelkistysprosessissa syntyy hiilidioksidia uunin yläosassa. Kihtiokaasun kohonnut hiilidioksidipitoisuus kertoo siitä, että palamisprosessi on ollut tehokas eli masuuniin puhallettu kaasu on mennyt tehokkaasti hyödyksi palamisprosessissa. Myös tällöin puhallusilman määrällä, varsinkin happirikastuksen pienentämisellä, voidaan hidastaa palamista tarvittaessa. Palamisprosessin tehokkuutta kuvaa kaasun hyväksikäyttöaste, joka ilmenee häkä- ja hiilidioksidipitoisuuden suhteesta. Hyväksikäyttöastetta voidaan parantaa injektoinnilla ja puhallusilman määrän säädöllä. (16.)

Lisäksi kihtiokaasuanalyysiin perustuu paljon ennakkointilaskelmia masuunien toiminnasta. Etenkin 5 ja 15 minuutin laskennoissa käytetään paljon kaasuanalyysiä, esimerkiksi CO/CO₂-suhde, suhteen muutos ja keskiarvo, N₂:n mää-

rä huippukaasussa, CO/CO₂:n minimi- ja maksimiarvo panospinnan vajoamisen yhteydessä sekä H₂-pitoisuuden 15 minuutin keskiarvon muutos. Lisäksi esimerkiksi masuunikaasun analyysin laskennalla säädetään suoraan masuuniin tulevan puhallusilman määrää. Laskelmien perusteella saadaan tärkeää tietoa masuunin tilasta ja ennakkolaskelmien tuloksilla hallittavuus paranee, jolloin prosessia osataan säätää oikeaan suuntaan.

Laskentaesimerkki:

H₂-pitoisuuden 15 minuutin keskiarvo huippukaasussa lasketaan kaavalla 1. (17, s. 28)

$$H215 (k) = AVG(H2 (k - n)) \quad \text{KAAVA 1}$$

H215 = H₂-pitoisuuden 15 minuutin keskiarvo huippukaasussa (%)

H2 = huippukaasun H₂-pitoisuus

n = 0 - 2

k = keskiarvo laskennan hetkellä (%).

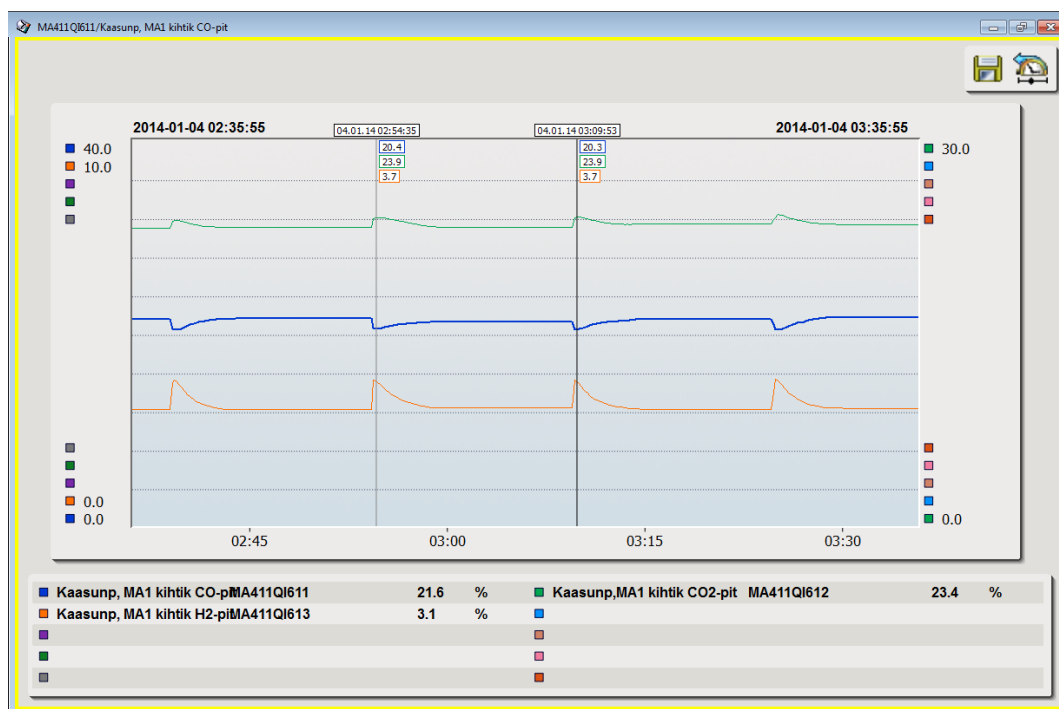
4.3 Vuorottelukäytöstä aiheutuvat kustannukset

Kihtiikaasuanalyysaattorin toiminnalla on merkittäviä tuotannollisia vaikutuksia. Mikäli toinen analyysaattori on poissa käytöstä ja toiminnassa oleva analyysaattori on vuorottelukäytöllä, joudutaan tilanteeseen varautumaan panostamalla masuuniin polttoainetta varmuuden vuoksi normaalia enemmän. Toiminnalla varmistetaan, ettei uunin lämpötila pääse laskemaan liian alhaiseksi. (16.)

Vuorottelukäyttöön siirrytään automaattisesti logiikan havaitessa vian toisessa analyysaattorijärjestelmässä, kun vuorottelukäyttö on sallittu ja se on asetettu automaatille kosketusnäytön vuorottelukäytösivulla. Käyttäjä voi myös käynnistää vuorottelukäytön vuorottelukäytösivulta. (13, s. 7.) Vuorottelukäytön aikana masuunien käyttömiehet joutuvat päättämään molempien uunien tilaa muista mittauksista, koska vuorottelumittauksesta ei tule järjestelmään tietoa siitä, kumpaa masuunia kulloinkin mitataan.

Tällä hetkellä vuorottelukäyttö mittaa molempien masuunien kihtiikaasua vuorotellen 15 minuutin aikajaksolla. Vuorottelusykliä on mahdollista muuttaa logiikan

kosketusnäytöltä. Vuorottelukäyttö voi olla myös mahdotonta esimerkiksi, kun molemmat järjestelmät ovat manuaalilla tai jonkin sondin tai näyttelinjan lämpötilahälytyksistä on päällä. Tällöin kosketusnäytöllä ”VUOROTTELU ESTETTY” -merkkivalo muuttuu punaiseksi. (13, s. 30.) Kuva 20 kertoo, kuinka vuorottelukäytön vaihtelu näkyy piikkeinä trendikäyrässä. Kuva on otettu tilanteesta, jossa CO/CO₂-analysaattori oli korjaamolla huollossa infrapunavalon vikaantumisen vuoksi.



KUVA 20. Kihtikaasuanalysaattorin vuorottelukäyttö automaatiojärjestelmän trendikäyrässä

Vuorottelukäytöstä aiheutuvat kustannukset ovat huomattavat. Kun joudutaan ajamaan varmuuskertoimilla, on minimi koksinielisäys 2 kg/raakaratatonni. Koksini hinta vaihtelee n. 250 €/t:n tuntumassa ja raakaratatonneja syntyy n. 42 000 t/vk. Viikossa kustannuksia pelkästään ylimääräisen polttoaineen lisäyksestä aiheutuu $0,25 \times 2 \times 42\,000 = 21\,000$ €. Jos analysaattori on korjauksessa esimerkiksi 6 viikkoa, kuten on käynyt, ovat polttoaineen lisäyksestä aiheutuvat kustannukset n. 126 000 €. Tämän lisäksi vuorottelukäyttö aiheuttaa muita välillisiä kustannuksia ja kasvattaa hirttoitumusta sekä aiheuttaa tulenkestävien vuorausten vaurioitumista korkeiden lämpötilojen takia. (16.)

4.4 Kihtikaasuanalysaattorijärjestelmän uusinta

Uudesta kihtikaasuanalysaattorijärjestelmän hankinnasta on tehty tarjouspyyntö ja investointiesitys. Uusi järjestelmä tulee korvaamaan täysin nykyisen laitteiston. Eräältä toimittajalta saadussa tarjouksessa koko järjestelmä varalaitteineen ja -osineen, koulutuksineen ja käyttöönottoineen tulee maksamaan verottomana hieman yli 100 000 €. Näin ollen laitteiston takaisinmaksuaika on hyvin lyhyt ottaen huomioon nykyisen laitteiston eliniän, vikaantumisherkkyuden ja vuorottelukäytöstä aiheutuvat kustannukset. Lisäksi varalaitteen käyttö vuorottelukäytön sijaan on merkittävästi järkevämpi ja edullisempi vaihtoehto. Investoinnille on siis selkeät perusteet.

Uuden järjestelmän hyviä puolia on nykyiseen verrattuna paljon. Uusi laitteisto on nykyaikainen kokonaisjärjestelmä, joka sisältää näytteenkäsittely-yksiköt ja keskusyksiköt analysaattorimoduuleineen. Yhteen keskusyksikköön on mahdollista liittää useita analysaattorimoduuleita. Täten investoinnin kokonaismäärä pienenee, rahaa säästyy varaosissa keskitetyn alustan ansiosta, analysaattoreiden operointi on samanlaista joka laitteella, erillislogiikkaa ei ole integroidun logiikan ansiosta ja kunnonvalvontaominaisuudet paranevat etätuen mahdollisuuden myötä.

Analysaattoreissa haasteena ollut varaosien saatavuus nopeutuu huomattavasti, sillä laitetoimittaja kertoo tyypillisen varaosan toimitusajan olevan 1 vrk. Laitetoimittaja järjestää lisäksi 2–3 koulutustilaisuutta ennen käyttöönottoa ja käytännön harjoitteet käyttöönoton yhteydessä. Tuen saatavuus paranee, sillä toimittajalla on nykyisin myös Oulun alueella analysaattoriosastamista. Näin myös huoltojen vasteajat pienentyvät huomattavasti.

Merkittävää uuden laitteiston hankkimisessa on varalaitteiden investoiminen hankinnan yhteydessä. Vara-analysaattorimoduulien ansiosta tehtaan kenties tärkein mittaus saadaan käytännössä kahdennettua, eikä nykyistä epävarmuutta ja ylimääräisiä kustannuksia aiheuttavaa vuorottelukäyttöä tarvitse käyttää. Uuden järjestelmän elinkaarikustannukset nykyiseen verrattuna ovat huomattavasti pienemmät edellä mainittujen asioiden ansiosta.

5 ANALYSAATTOREIDEN KUNNONVALVONNAN KEHITTÄMINEN

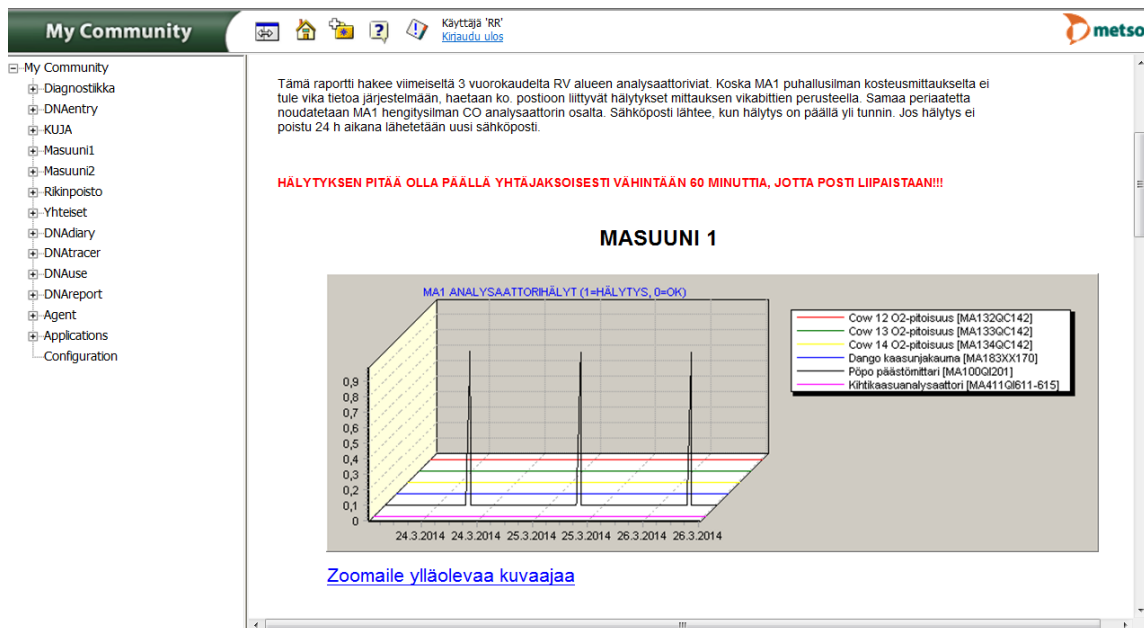
Analysaattoreiden kunnonvalvonnan kehittämisen ideointi oli opinnäytetyön keskeinen osa-alue. Kunnonvalvonnan kehittämiseksi on runsaasti sekä mahdollisuuksia että haasteita. Parantamideoita kehitettäessä oli otettava huomioon esimerkiksi tämänhetkisen laitekannan ominaisuudet ja kustannuskysymykset. Työssä selvitettiin automaatio- ja kunnossapitojärjestelmän mahdollistamaa tukea kunnonvalvontaan.

5.1 Automaatiojärjestelmän tuki kunnonvalvontaan

Opinnäytetyötä tehtäessä ilmeni, että tällä hetkellä tehtaalla olevista analysaattoreista ei ole juurikaan saatavissa diagnostiikkatietoja, vaan niistä tulevat vain milliampeeriviestit ja hälytykset pääautomaatiojärjestelmiin (DCS). Diagnostiikkatiedon saaminen vaatisi laitteilta HART- tai Ethernet-liityntämahdollisuutta ja automaatiojärjestelmiltä laitteita tukevia HART-kortteja tai TCP/IP-määrittäjiä. Useimmat analysaattorit antavat kuitenkin järjestelmään binäärisen (0/1) tiedon analysaattoriviasta, jonka avulla kunnonvalvontaa on mahdollista parantaa.

5.1.1 Sähköpostilähetys analysaattorivioista

Opinnäytetyön yhteydessä tehtiin masuuneilta sähköpostilähetys analysaattorivioista korjaamolle ja masuunien kunnossapitoon. Metson infopalvelin lähettää DNAreport Designer -työkalulla luodun raportin automaattisesti määrätyille henkilöille, kun jossakin masuunien analysaattorissa on vika päällä yli tunnin. Täten lyhyet vikatilat esimerkiksi analysaattorin itse suorittaman kalibroinnin yhteydessä jäävät lähettämättä mutta näkyvät kuitenkin trendikäyrässä (kuva 21). Tämänäyttötyypiset piikit on myös mahdollista piilottaa ohjelmallisesti asettamalla hälytyksille tiettyjä ehtoja. Mikäli vika ei ole poistunut 24 tunnin kuluessa, viesti lähetetään uudelleen.



KUVA 21. Masuuni 1:n analysaattorihälytykset

Kihtikaasuanalysaattoreille on lisäksi määritelty ohjelmaan ehdoksi masuunien käyntitiedot, jotta analysaattoreilta ei tule hälytyksiä silloin, kun masuunit eivät ole käynnissä. MetsoDNA:n FbCAD-sovellusohjelma on esitetty liitteessä 4.

Sähköpostilähetysten hyötynä on kunnossapitohenkilöstön nopeampi ja varmempi saavutettavuus ja analysaattoreiden seurannan paraneminen. Menetelmällä myös suljetaan pois tilanne, jossa valvomossa toimiva operaattori epähuomiossa kuittaa analysaattorivian eikä tietoa mene lainkaan kunnossapidolle.

Sähköpostilähetysesimerkki toteutettiin ajatellen myös analysaattorihuoltojen keskittämistä. Mikäli analysaattorihuollot siirtyvät korjaamon vastuulle, olisi sähköpostilähetyksestä huomattava hyöty laitteiden kunnossapitoa suorittavalle henkilöstölle. Tieto viasta saavuttaisi määrätty kunnossapitohenkilöt kohtuullisen nopeasti ja saapuneen raportin perusteella voisi päätellä jo vian laatua ja aiheuttajaa. Myös turhat kenttäkäynnit vähenevät trendikäyrien seurantamahdollisuuksien myötä.

Sähköpostilähetys otetaan käyttöön korjaamalla ja masuunien kunnossapidossa muutamille määrätyille henkilöille. Mikäli toimintatapa koetaan hyväksi ja hyödylliseksi, voidaan sähköpostilähetys toteuttaa myös muilta osastoilta.

Osastoilla analysointilaitteiden hälytykset menevät automaatiojärjestelmiin, ja vastaavanlainen lähetys on mahdollista tehdä muillakin osastoilla.

5.1.2 Työkalut sähköpostilähetyksessä

MetsoDNA CR

Masuuneilla on käytössä uuden sukupolven MetsoDNA CR (Community for Results) -automaatio- ja informaatiojärjestelmä. Se mahdollistaa kaikki prosessi- ja koneohjaukset, laatusäädöt ja sähkökäyttöjen ohjaukset samalla järjestelmäalustalla. Nykypäivänä tuotantotyöt vaativat jatkuvaa ja intensiivistä tiedon hyödyntämistä. Operaattorit, tuotantopäälliköt, kunnossapito- ja suunnitteluinsinöörit tekevät paljon töitä korkeiden tuotantotavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteiden saavuttaminen on mahdollista nykyaikaisella automaatiojärjestelmällä. (18.)

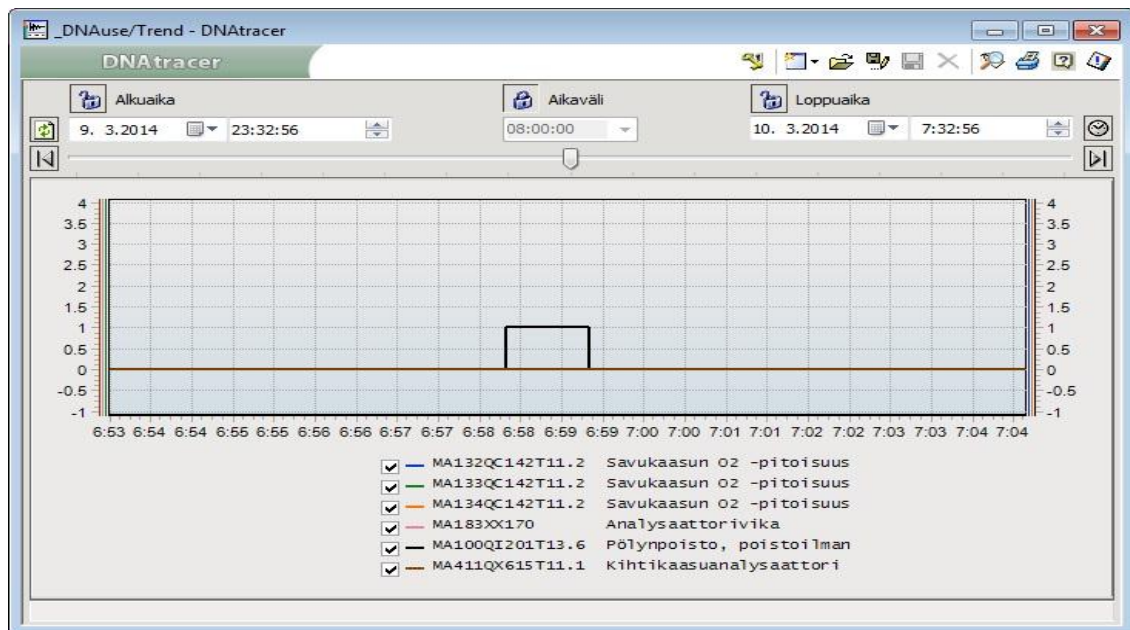
Metson infopalvelin

Järjestelmän MetsoDNA CR Info osallistuu kaikkiin CR-aktiviteetteihin ja sisältää raportointi- ja analysointityökalut, operointikäyttöliittymän työkalut, tietokannat ja palvelut sekä tiedonkeruun konfiguroinnin. Aktiviteetit mahdollistavat tietojen integroinnin lisääntymisen, mikä puolestaan lisää tilannetietoisuutta prosesseista. Toimintoja ohjaa masuunien sähkötilassa sijaitseva Metson infopalvelin (kuva 22). (19, s. 5–6).



KUVA 22. Metson infopalvelin sijaitsee masuuneilla sähkötilassa.

Infopalvelimen tietokannat ovat reaaliaikadatan (prosessimittaukset, laskennat) DNAhistorian-tietokanta sekä tapahtumatiedon tallennukseen (hälytykset, operoinnit, ilmoitukset) tarkoitettu DNAalarmHistorian-tietokanta. Tietokannat ja nii-



KUVA 24. DNAusen trendikäyrät

Selainpohjaisessa raportissa hyvänä puolena on se, että kuka tahansa tehtaalla pääsee tutkimaan trendikäyriä eikä automaatiojärjestelmään tarvitse päästä käsiksi. Toiminto on hyvä etenkin korjaamoa ajatellen, sillä automaatiojärjestelmiin ei korjaamolta ole pääsyä ainakaan tällä hetkellä.

5.2 Kunnossapitojärjestelmän tuki kunnonvalvontaan

Kunnonvalvonnan parantamisen välineenä opinnäytetyön toimeksiantona otetaan käyttöön kalibrointipöytäkirjan täyttäminen analysaattoreiden kalibroinnin yhteydessä. Kalibrointipöytäkirja täytetään Arttu-toiminnanohjausjärjestelmään huoltotyöhön Kuormitus-välilehdelle. Toimenpiteen seurauksena suoritettu kalibroinnista jää jälki järjestelmään. Tällä varmistetaan se, että kalibrointi on suoritettu asianmukaisesti, ja lisäksi voidaan seurata laitteiden historiaa ja toimintakuntoa. Myös kalibroinnin suoritusvälin optimointi on mahdollista, kun nähdään pidemmältä aikaväliltä laitteen huollon ja kalibroinnin tarve. Optimoinnin ansiosta liian tiheä tai pitkä kalibrointiväli saadaan määritettyä sopivan pituiseksi.

Menetelmä on käytössä tehtaalla jo esimerkiksi painemittareilla, sähkösuurekalibroinneilla ja hihnavaaioilla. Kalibrointipöytäkirjan täyttämisestä on hyötyä kaikkien analysaattoreiden kunnonvalvonnan kannalta. Esimerkiksi jonkin analy-

saattorin ryömintä voi aiheuttaa väärän mittaustuloksen, jolloin käyttöhenkilöstö ajaa prosessia väärillä parametreilla. Jos mittaustulos ryömii pitkään eikä vikaa huomata, voivat seuraukset olla merkittäviä. Kalibrointipöytäkirjojen oikealla tulkinnalla kunnossapidossa henkilöstö osaa suorittaa korjaavat toimenpiteet ja vastaavat tapahtumat voidaan estää.

Kalibrointipöytäkirjan täyttäminen vaatii menetelmän teon kullekin kalibroinnille, mutta tämän jälkeen toiminta vaatii vain kalibrointiarvojen syöttämistä Arttu-järjestelmään. Tämän ansiosta toimintatavan muutos ei vaadi merkittävää kunnossapitohenkilöstön perehdytystä tai koulutusta. Menetelmät tehdään analyysointilaitosten huoltotöille opinnäytetyön jälkeen.

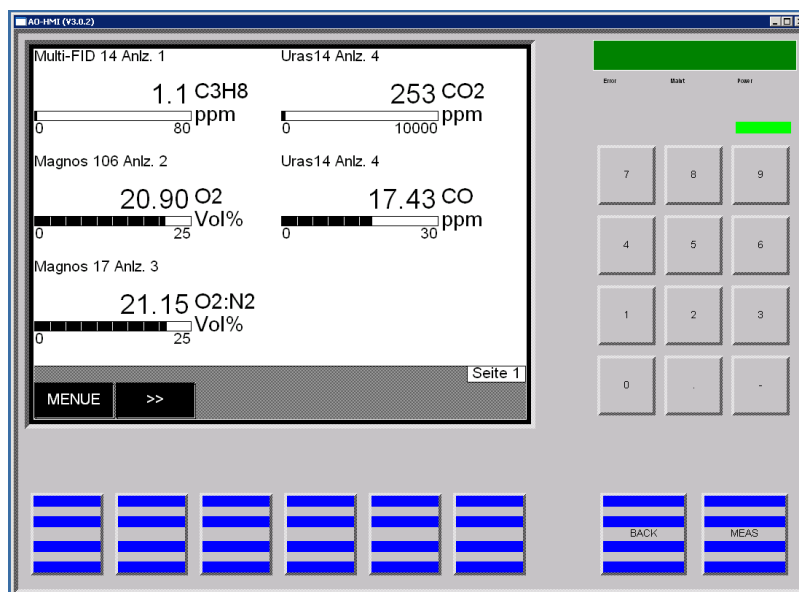
Opinnäytetyön yhteydessä tehtiin esimerkkinä menetelmä vakuumilaitoksen kaasuanalysaattorille (kuva 25). Kalibroinnissa analyysointilaitos kalibroidaan nollakaasulla (typpi), hähkäkaasuilla (3 % ja 90 %), hiilidioksidilla (40 %), hapella (3 %) sekä ilmalla (O₂ 20,9 %). Menetelmä löytyy Arttu-järjestelmästä yksilöivällä tunnuksesta. Toimenpiteet-välilehdestä löytyy kalibrointikaasut sekä laskentasaännöt ja epävarmuudet. Kun menetelmä liitetään analyysointilaitoksen huoltotyöhön, voi kalibrointipöytäkirjan täyttää. Vastaavat menetelmät tehdään muillekin kalibrointilaitoksille.

The screenshot shows the ARTTU software window titled 'ARTTU_PRD'. The menu bar includes 'Tiedosto', 'Muokkaa', 'Ohjaus', 'Kortisto', 'Työ', 'Huolto', 'Varasto', 'Osto', 'Lainaus', 'Ohje', and 'Window'. The toolbar contains various icons for file operations and editing. The main window displays 'Kalibrointimenetelmän tiedot' with the identifier 'Tunnus: Q0013' and name 'Nimi: VAKUUMI CO,CO2,O2 ANALYSAATTORIN KALIBROINTI'. The 'Perustiedot' tab is active, showing fields for 'Versio: 1', 'Tila: AKTIIVINEN', and 'Selite: Analysaattorin tarkistus kalibrointikaasuilla'. The 'Epävarmuus' field contains 'co90% kaasupullon epävarmuus +-2%'. The 'Muutokset' field is empty. At the bottom, a status bar shows 'Epävarmuus Record: 1/1' and navigation buttons '<OSC>' and '<DBG>'.

KUVA 25. Kalibrointimenetelmä Arttu-järjestelmässä

5.3 Analysaattoreiden kunnonvalvonta tulevaisuudessa

Analysaattoreiden tulevaisuuden kunnonvalvonnassa on runsaasti sekä mahdollisuuksia että haasteita. Eri laitevalmistajilla on tarjota jo tällä hetkellä esimerkiksi järjestelmiä analysaattoreiden valvontaan tehtaan laajuisesti. Mahdollisia toimintoja ovat myös ohjelmistojen varmuuskopiointityökalut sekä käyttöliittymän hallinta TCP/IP-verkon läpi. Esimerkki käyttöliittymän hallinnasta on ABB:n AO-HMI (kuva 26). Näiden toimintojen ansiosta esimerkiksi testien ja kalibrointien suorittaminen helpottuu ja etätuen saatavuuden mahdollisuudet paranevat huomattavasti.



KUVA 26. ABB:n AO HMI mahdollistaa käyttöliittymän hallinnan verkon läpi. (15.)

Haasteina ovat kuitenkin esimerkiksi automaatiojärjestelmien ja toimittajien diagnostiikkatyökalujen yhteensovittaminen, useiden analysaattorilaitteiden ikä ja vajavaiset diagnostiikkaominaisuudet sekä laitetoimittajien paljous. Mikäli analysaattoreiden laitekantaa halutaan kaventaa ja keskittyä muutamiin hyviksi koettuihin analysaattoritoimittajiin, on varsinkin diagnostiikkaominaisuuksia mahdollista kehittää huomattavasti uusien laitehankintojen yhteydessä. Etätuen antaminen TCP/IP-verkon tai sarjaliikenneportin välityksellä tehtaalla puolestaan vaatisi toimittajalle oikeudet päästä murtautumaan tehtaan palomuurien läpi.

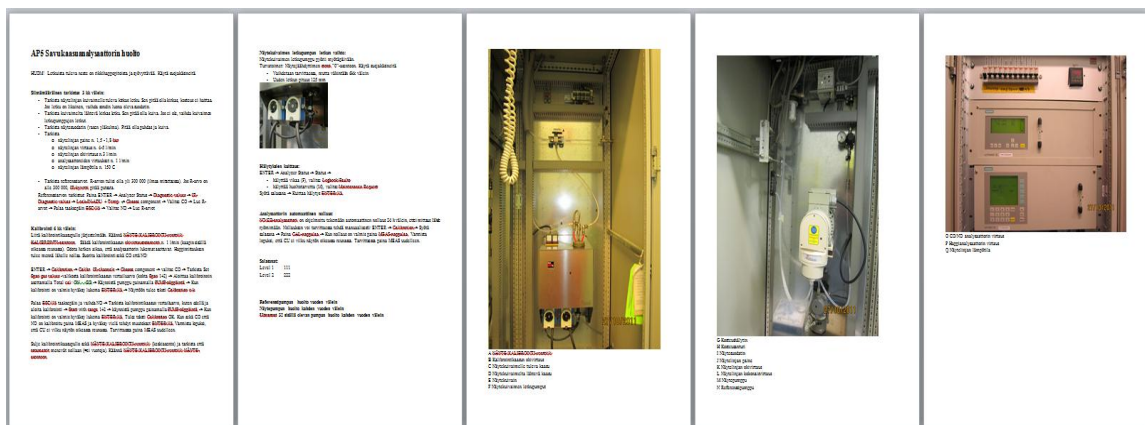
6 TULOSTEN TARKASTELU

Opinnäytetyötä tehtäessä ilmeni muutamia parannettavia asioita etenkin analysointilaitteiden huolto-ohjeissa ja analysointilaitteiden hankinnoissa. Tässä luvussa esitetään parannusehdotuksia näihin sekä tarkastellaan analysointilaitteiden huoltojen keskittämisen näkökulmia.

6.1 Huolto-ohjeiden parantaminen

Analysaattoreiden huoltotöitä tutkiessa ilmeni, että joissakin töissä huolto-ohjeet olivat epätarkkoja ja vajavaisia. Työohjeiden tulisi olla sellaisia, että kokematonkin kunnossapitohenkilö kykenee ohjeen pohjalta tekemään tarvittavat perushuollot. Huoltotöitä olisi syytä tarkentaa esimerkiksi numeroimalla työvaiheet, jolloin huolto tai kalibrointi tulisi varmasti suoritettua ohjeiden mukaisesti.

Dokumentit-välilehdelle olisi hyvä tehdä kullekin analysointilaitteelle erillinen työohje, jossa on kuvat ja numeroinnit analysointilaitteiden eri osista. Hyvä esimerkki tästä on nauhavalssaamon AP5-uunin savukaasuanalysointilaitteen huoltotyöohje, jossa on perusteellisesti selitetty huollon vaiheet ja kuviin numeroitu analysointilaitteiden komponentit (kuva 27). Näin huollon perusteellinen suorittaminen on vaivattomampaa ja epävarmuus sekä väärinkäsitykset vähenevät huomattavasti.



KUVA 27. AP5:n savukaasuanalysointilaitteen huoltotyöohje

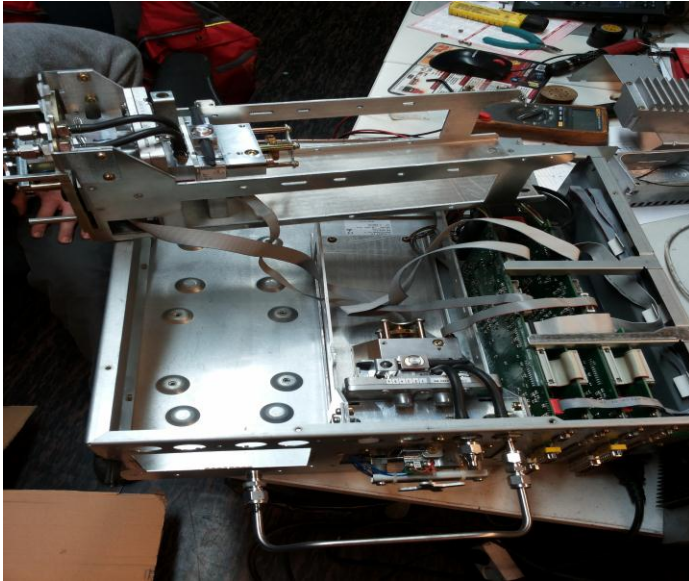
Tällä hetkellä Artussa on tapauksia, joissa saman huoltotyön alla on useita analysaattoreita. Kullekin analysaattorille tulisi tehdä oma alatyö päätyön alle, jotta huollon tilan ja varaosatilanteen tarkistus sekä kalibrintipöytäkirjojen täyttäminen olisi helpompaa. Tulevaisuudessa analysaattoreiden huoltojen ja kalibrointien yhteydessä varaosatilanne tulee tarkastaa ja päivittää, jolloin varaosia on aina saatavilla tarvittaessa.

Kalibrointikaasun päiväys tulee tarkastaa ja merkitä huoltotyölle, jotta kalibroinnissa käytettävä kaasu on koostumukseltaan tarkoituksenmukainen. Huoltotöille liitetään dokumenttina työssä luotu lista tehtaan analysaattoreista. Lista sisältää mm. laitetoimittajan yhteyshenkilöt, jolloin kriittisen ja haastavan vian ilmetessä saadaan työmääräimestä nimen avulla lisäapua puhelimitse. Tämä toteutetaan toimeksiantona varsinaisen opinnäytetyön jälkeen.

6.2 Analysaattorihuoltojen keskittäminen

Opinnäytetyössä yhtenä tavoitteena oli tutkia analysaattorihuoltojen keskittämisen näkökulmia, haasteita ja ratkaisuvaihtoehtoja tulevaisuudessa. Pohjana oli kunnossapitopäällikön muistio palaverista, jossa analysaattoreiden kunnossapitoa ja huoltojen keskittämistä korjaamolle oli pohdittu. Asiaa tutkiessa oli otettava huomioon laajan ja kirjavan laitekannan aiheuttama erikoisosaamisen tarve, prosessituntemuksen tärkeys sekä korjaamon resurssit.

Tällä hetkellä korjaamon ennakko- ja huoltovastuulla ovat terässulaton ja rikinpoiston analysaattorit sekä nauhavalssaamon lämpöarvoanalysaattori. Lisäksi analysaattorin vikaantuessa jollakin osastolla se lähetetään aina ensisijaisesti korjaamon automaatiohuoltoon korjattavaksi (kuva 28). Mikäli korjaamolla ei ole mahdollista kunnostaa laitetta, lähetetään se edelleen laitetoimittajalle korjattavaksi.



KUVA 28. Kiertikaasuanalysaattori huollossa korjaamolla

Haasteita ennakkohuoltojen keskittämiseksi on useita. Ensinnäkin laitekanta on hyvin kirjava eli analysaattorimalleja ja -merkkejä on lukuisia. Korjaamolla on kuitenkin korjattu hyvin monipuolisesti tehtaan laitteita, ja vaikka laitteet olisivatkin erimerkkisiä, ovat niiden mittausmenetelmät ja komponentit usein samantyyppisiä. Tämä ei siis liene suurin haaste huoltojen keskittämisessä.

Useat analysaattorit eri osastoilla ovat esimerkiksi tuotannon kannalta kriittisiä prosessilaitteita, jotka vikaantuessaan vaativat välitöntä korjausta. Tietotaito laitteista ja niiden ympärillä olevista prosesseista on tärkeää analysaattoreiden huolto- ja korjaustöitä tehtäessä etenkin turvallisuuden kannalta. Huoltojen keskittäminen vaatisi paljon tehtaan eri prosesseihin perehtymistä, jotta toiminta olisi turvallista. Analysaattoreiden vikatilanteissa on jouduttu usein tekemään muutoksia myös automaatiojärjestelmiin. Eri järjestelmien opetteleminen ja niiden ymmärtäminen vaatisi paljon koulutusta ja yhteistyötä, joten järjestelmiin tehtävät muutokset olisi hyvä jättää edelleen osaston hoidettavaksi.

Haasteita keskittämiseksi aiheuttaa päivystyksen tarve, jota ei ainakaan tällä hetkellä korjaamolla ole. Välitöntä korjausta vikaantumistilanteessa vaativat laitteet, kuten pH-mittaukset voimalaitoksella, hoidetaan iltaisin ja viikonloppuisin päivystyksellä. Terästehtaalla on olemassa myös sähköpäivystys masuuneilla, mutta sähköpäivystyksellä ei ole välttämättä analysaattorihuoltoihin vaadittavaa

osaamista. Päivystysvaihtoehtoja ja -malleja tulisi ehdottomasti pohtia, mikäli huollot keskitetään täysin korjaamolle. Keskitetty kunnossapito voisikin ottaa vastuulleen vähemmän kriittisiä analysaattoreita, jolloin päivystystarvetta korjaamolla ei välttämättä olisi.

6.3 Verkostoitumisen parantaminen

Ehdotuksena uudeksi toimintamalliksi huoltojen täydellisen keskittämisen sijaan on verkostoitumisen parantaminen. Tässä mallissa korjaamolla olisi muutama vahva analysaattoriosaaaja, jotka kouluttautuisivat yhä enemmän muiden töiden ohella tehtaan analysaattoreihin. Pohjana kouluttautumiselle voisi pitää opinnäytetyössä luotua laitekannan määritystä, ja uusien laitteiden hankinnan yhteydessä analysaattoriosaaajat osallistuisivat niihin kuuluviin koulutuksiin. Korjaamon osajilla olisi tiedossa eri laitetoimittajien yhteyshenkilöt, ja heidän kanssaan tehtävä yhteistyö parantaisi esimerkiksi varaosien nopeaa saatavuutta.

Osastoilla olisi edelleen omat analysaattoreiden vastuuhenkilöt, joiden tietoisuutta korjaamolta saatavasta tuesta parannetaan. Näin esimerkiksi tilanteessa, jossa koksaamon analysaattorista rikkoontuisi osa, olisi vastuuhenkilö yhteydessä korjaamolle, joka edelleen tiedustelisi varaosaa järjestelmästä tai vastuuhenkilöiltä muilta osastoilta. Tällöin esimerkiksi masuuneilta löytynyt vastaava varaosa saataisiin samana päivänä vaihdettua, eikä sen saapumista maahan-tuojalta tarvitsisi odottaa viikkoja. Hyvänä puolena toimintamallissa olisi myös se, ettei lisäkustannuksia syntyisi, koska rekrytointitarvetta ei olisi. Huoltojen kokonaan keskittäminen nimittäin aiheuttaisi rekrytointitarpeen, koska kunnossapitohenkilöt eivät ehtisi huolehtia kaikista tehtaan laitteista nykyisellä henkilömäärällä.

Työtä tehdessä ja haastatteluissa on ilmennyt, että tehtaan sisäistä kommunikointia ja yhteistyötä voisi ja olisi ehdottomasti syytä parantaa. Koska eri osastoilla on analysaattoriosaaamista, kannattaa sitä käyttää paremmin hyödyksi. Mikäli jokin analysaattori vikaantuu, olisi järkevää tiedustella varaosaa tai osaamista tehtaan sisältä, ennen kuin tilaa sen muualta tai lähettää analysaattorin korjaukseen tehtaan ulkopuolelle. Tämänäyttöisellä toiminnalla varaosan

saapumisaika lyhenisi usein huomattavasti ja kustannusten määrä pienenisi. Samalla tietämys eri analysaattoreiden vikatyypeistä paranisi osastoilla.

6.4 Hankintojen täsmentäminen

Analysaattoreiden hankintaan olisi syytä kiinnittää enemmän huomiota. Tehtaalla on tapauksia, että analysaattoreita on hankittu esimerkiksi projektien yhteydessä ottamatta tarpeeksi hyvin huomioon oleellisia asioita, kuten tarkkaa laitemäärittelyä, dokumentointia, suomenkielistä tukea ja elinkaarikustannuksia sekä peilausta olemassa olevaan laitekantaan. Analysaattorilaitteita ei missään nimessä tulisi tilata huolimattomasti, vaan referenssejä tarjottavasta laitteesta tulisi olla samantyyppisestä kohteesta.

Analysaattorin, kuten muidenkin laitteiden, hankinnan lähtökohtana on se, että ymmärretään mitä tilataan. Laitemäärittely on tehtävä tarkasti ottamalla huomioon kaikki näkökohdat huollettavuudesta lähtien. Dokumentoinnin taso on tärkeä määritellä jo tarjouskyselyvaiheessa. Myös laitteiston käyttöönotto yhteistyössä tilaajan kanssa ja koulutus on määriteltävä ehdoiksi jo tarjouspyynnössä. Lisäksi koulutuksen ja tuen on oltava suomenkielistä, jotta tehtaalla toimiva kunnossapitohenkilöstö ymmärtää teknistä opetusta.

Ehdotuksena on, että opinnäytetyön myötä perustetaan asiantuntijaryhmä analysaattoreiden hankintaan. Ryhmään osallistuvat henkilöt osastolta, korjaamolta ja investointipalvelusta. Ryhmässä eri näkökulmat tulevat paremmin huomioituksi ja kokemukset laitteista ja toimittajista selkeytyvät. Myös kunnossapidettävyyden ja kunnonvalvonnan tulevaisuuden tarpeet ja vaatimukset tulevat esille paremmin. Näin esimerkiksi diagnostiikkatietojen ja etätuen saatavuuden mahdollisuudet paranevat tulevaisuudessa. Myös laitteiden elinkaari ja siihen liittyvät varaosien saatavuus, varalaitteet sekä varasuunnitelmat ja niiden kustannukset saavat aiempaa enemmän huomiota.

Analysaattoreita ohjaavia erillislogiikoita olisi syytä välttää, sillä niiden toiminta vaatii erityisosaamista ja varaosia eri toimittajilta. Kuten todettua, yhtenäisessä järjestelmässä tuen ja varaosien saatavuus on huomattavasti vaivattomampaa, mikä parantaa kunnossapidettävyyttä huomattavasti.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Ruukin Raahen terästehtaan jatkuvatoimisten prosessianalysaattoreiden laitekanta, tehdä kriittisyystarkastelu sekä selvittää mahdollisuuksia analysaattoreiden kunnonvalvonnan kehittämiseksi. Lisäksi työssä tutustuttiin kihtikaasuanalysaattorin toimintaan ja uusintaan sekä selvitettiin, olisiko analysaattoreiden ennakkohuoltojen siirtäminen keskitetyn kunnossapidon vastuulle järkevää.

Tuloksena opinnäytetyössä syntyi mm. kunnossapidon ja investointipalvelun hyödynnettävissä oleva taulukko terästehtaan analysaattoreista. Analysaattoreiden kriittisyystarkastelusta selviävät mm. analysaattorin käyttö, kriittisyys sekä varalaite- ja varaosatilanne. Tarkastelun ansiosta vikaantumistilanteessa voidaan määritellä korjauksen kiireellisyys. Tehtaan tärkeimpiin analysaattoreihin kuuluvan kihtikaasuanalysaattorin toimintaan ja vaikutuksiin perehdyttiin työssä tarkemmin. Uuden kihtikaasuanalysaattorijärjestelmän hankintaa tutkittiin työssä ja sille todettiin olevan selkeät perusteet.

Kunnonvalvonnan parantamisen keinona opinnäytetyön jatkotoimenpiteenä otetaan käyttöön kalibrintipöytäkirjan täyttäminen analysaattoreiden kalibrintien yhteydessä. Toiminnan ansiosta saadaan kalibrintijälki järjestelmään, laitteiden historiaseurantamahdollisuus sekä kalibroinnin oikein suorittamisen varmennus. Samalla tarkennetaan analysaattoreiden huoltotyöohjeita Artussa. Lisäksi otettiin käyttöön sähköpostilähetys masuunien analysaattorihälytyksistä. Lähetys on mahdollista rakentaa myös muilta osastoilta, mikäli se koetaan hyväksi. Lähetyksellä parannetaan mm. hälytystietojen saapumista kunnossapidolle.

Toimintaehdotuksena on, että analysaattorihuoltojen keskittämisen sijaan parannetaan tehtaan sisäistä verkostoitumista. Keskitetyn kunnossapidon analysaattoriosuamista parannetaan, jotta tukea on saatavilla tehtaan sisällä paremmin. Toinen ehdotus on asiantuntijaryhmän perustaminen analysaattoreiden hankintoihin. Ryhmään osallistuisi henkilöt korjaamolta ja investointipalvelusta sekä osastolta, johon analysaattori ollaan hankkimassa. Näin kaikki näkökulmat tulisivat paremmin esille ja tietotaito paranisi samalla joka osastolla. Ryhmän

ansiosta myös tulevaisuuden tavoitteena olevaa laitekannan kaventamista saataisiin kehitettyä.

Työssä päästiin tavoitteisiin, sillä kriittisyystarkastelu saatiin tehtyä ja kunnonvalvonnan parantamiseen saatiin ideoita ja konkreettisia toimintatapojen muutoksia. Analysaattorit olivat ennen opinnäytetyön aloittamista varsin outo aihekokonaisuus, mutta niiden toiminnasta ja käytöstä oppi paljon työn aikana. Yllätyksenä oli se, kuinka paljon määrällisesti ja kuinka haastavissa paikoissa eri käyttötarkoituksissa analysaattoreita on terästehtaalla.

Haasteena työssä oli analysaattorilaitteiden rajausta eli se, mitkä laitteet otetaan mukaan työssä tehtävään tarkasteluun. Tästä johtuen osastoilta pyydettiin listat analysaattoreista työn alussa, jotta laitekannan suuntaa saatiin määritettyä alustavasti. Analysaattori-käsite on kohtuullisen laaja ja tehtaalla on runsaasti analysaattorin kaltaisia laitteita. Esimerkiksi kiinteät kaasuvälvontalaitteet ovat tavallaan analysaattoreita, mutta ne rajattiin kuitenkin työn ulkopuolelle.

Kunnonvalvonnan parantamisen haasteina olivat esimerkiksi useiden analysaattorilaitteiden ikä ja vajavaiset diagnostiikkaominaisuudet sekä laitetoimittajien paljous. Tästä syystä kunnonvalvontaa pyrittiin parantamaan olemassa olevien mahdollisuuksien rajoissa. Tulevaisuudessa haasteita kunnonvalvontaan aiheuttaa esimerkiksi automaatiojärjestelmien ja toimittajien diagnostiikkatyökalujen yhteensovittaminen.

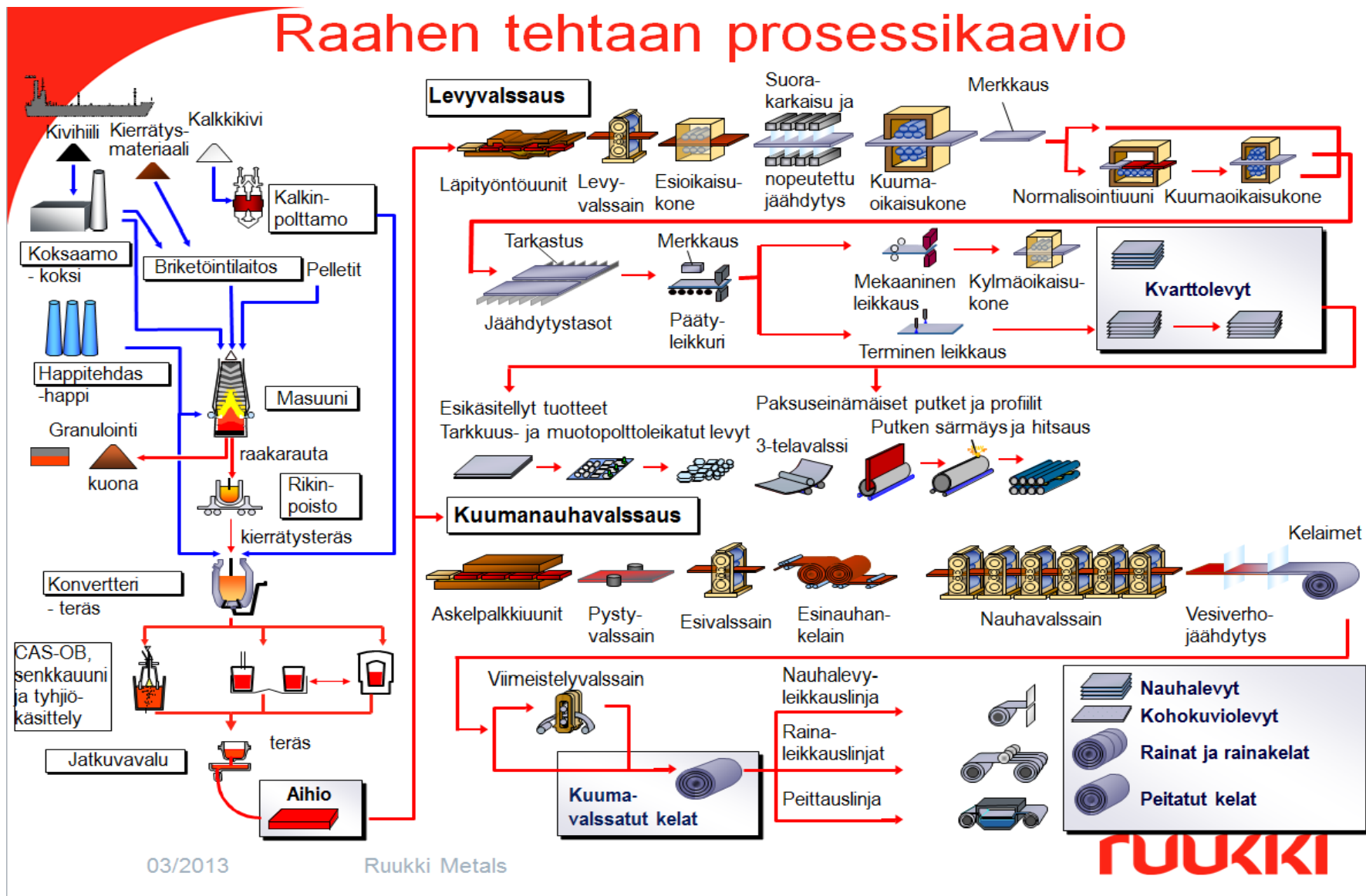
Mahdollisuuksia ja tarpeita analysaattoreiden huoltojen ja kunnonvalvonnan kehittämiseksi tulevaisuudessa kuitenkin on ja kehitystyötä on syytä jatkaa. Opinnäytetyön aihe oli varsin mielenkiintoinen ja opettavainen. Työ vastasi kokonaisuudessaan odotuksiani. Analysaattorikokonaisuus on tehtaalla niin laaja, että aiheesta olisi mahdollista toteuttaa useampikin opinnäytetyö.

LÄHTEET

1. We@Ruukki. Raahen tehtaan esittelymateriaalia, Ruukki Metals Oy 2013.
Saatavissa: Raahen terästehtaan sisäinen verkko.
2. Mikkonen, Henry 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja. Kunnossapidon julkaisusarja – n:o 13. Helsinki: KP-Media Oy.
3. Kunnossapito - Menestystekijä. Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät. Opetushallitus. Saatavissa:
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmät.html. Hakupäivä 28.3.2014.
4. Järviö, Jorma 2006. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja – n:o 10. 3. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.
5. Kunnossapito - Menestystekijä. 6.2 Johdanto luotettavuustekniikkaan. Opetushallitus. Saatavissa:
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-2_johdanto_luotettavuustekniikkaan.html. Hakupäivä 17.2.2014.
6. MIP Electronics Oy. Mittalaitteet → Kunnonvalvonta. Saatavissa:
<http://www.mip.fi/cms/fi/mittalaitteet/kunnonvalvonta>. Hakupäivä 28.3.2014.
7. Kunnossapito - Menestystekijä. Johdanto kunnonvalvontaan. Opetushallitus. Saatavissa:
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k1_johdanto_kunnonvalvontaan.html. Hakupäivä 28.3.2014.
8. Alma-tietämyshallintajärjestelmä. Saatavissa: www.alma.fi. Hakupäivä 18.12.2013.
9. PSK 6800 -standardi 2013. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Saatavissa: <http://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma68/psk6800%20liitteineen.pdf>. Kirjautuminen vaatii käyttäjätunnuksen ja salasanan. Hakupäivä 10.12.2013.

10. ABB 2005. High Temperature Zirconia Oxygen Probe. Operating instructions. Saatavissa: Levyvalssaamon sähkökunnossapito.
11. Lerssi, Pirjo 2013. Ympäristökoulutuspäivä 2013. Raahen tehtaan koulutusmateriaali. Saatavissa: Raahen terästehtaan sisäinen verkko.
12. Sundvik-Pahkala, Johanna 2014. Palaveri. Terästehtaan analysaattoreiden ympäristövaikutukset. 23.1.2014. Raahen Tehtaan konttori
13. Kihitikaasuanalysointilaitteiden kansio. Rautaruukki Steel. Masuuni 1&2. Kaasunpuhdistamo. MA1&2 kihitikaasuanalysointilaitteet. Saatavissa: Ruukki, korjaamo. Automaatiohuollon tautokila.
14. ESRL How are the amounts of greenhouse gases measured? NDIR-mittausmenetelmä. Kuva muokattu kohteesta:
http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/faq_cat-3.html. Hakupäivä 25.3.2014.
15. ABB analysointilaitteiden koulutusmateriaali. Koulutus Ruukilla 29. -30.1.2014. ABB. Kouluttajat Raimo Ahola, Joonas Starast.
16. Jylkkä, Matti – Kanniala, Riku – Väliaho, Tapani – Keränen, Harri 2014. Analysointilaitteiden tuotannolliset vaikutukset. Palaveri 20.1.2014. Raahen Masuunien käyttökonttori, tiimihuone.
17. Inkala, P. 1993. Masuuni 2 asiantuntijajärjestelmä. 15 minuutin teknisen laskennan määritelmä. Rautaruukki Oy. Kansio.
18. Heikkilä, Hannu. MetsoDNA CR. Saatavissa:
<http://www.metso.com/Automation/newsletters/mailer.nsf/PFBD/E52A771323D108E5C22577AE002529AB>. Hakupäivä 25.3.2014.
19. Metso Automation 2006. MetsoDNA CR Info -esittelymateriaali. Arkkitehtuuri ja ympäristö.

Raahen tehtaan prosessikaavio



RAAHEN TEHTAAN ANALYSAATTORIT

LIITE 2

Työnro	Vastaanottaji	Positiotunnus	Nimi	Laitteen merkki/toimittaja, nimi	Mittaussuure/mittausalue	Jakso (vkoa)	Kuormitusryhmä	Tyyppi	Laitapaikka	Sijaintipaikka	Os. asiantuntija	
175386	KO SA AUTOMA	=TE.28.QIR632	POS.TE 26 VAKUUMILAITOS	SICK MAIHAK SIDOR CO,CO2,O2 ANALYSAATTORI	SICK MAIHAK SIDOR CO,CO2,O2/ SICK Heikki Kangas	CO (0-100%), CO2 (0-50%), O2 (0-25%)	8	KO SÄ AUTOMAATIO	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	26-39-1	TE vakuumilaitos TE R1259	Mikko Isokoski / Markku Partanen
149223	KO SA AUTOMA	=VA.80.QI450	AP-UUNI 5 LÄMPÖARVOANALYSAATTORIN HUOLTO/KALIBROIN	REINEKE RBM 2105 / SINTROL Mikko Londen, Timo Hakala	MJ/Nm3 (12...24)	16	KO SÄ AUTOMAATIO	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	34-23-3-050	NAVA AP5-UUNI, ST936 vastapäätä	Mikko Isokoski / Markku Partanen	
175384	KO SA AUTOMA	=TE.15.QIA231,232	POS.TE 15 RIKINPOISTO	ASETYL/HAPPIMITTAUS SICK GME 64	SICK GME 64 / SICK Heikki Kangas	C2H2 (0...500ppm), O2 (0...25%)	8	KO SÄ AUTOMAATIO	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	26-31-1	TE rikinpoisto QT01	Mikko Isokoski / Markku Partanen
175394	KO SA AUTOMA	=TE.25.QIA305	SEKUND.PÖLYNPOISTO	SICK FW 101 POS.TE 25 305 QE002	SICK FW 101 / SICK Heikki Kangas	mg/Nm3 / 0...100	16	KO SÄ AUTOMAATIO	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	26-15	TE LTSK 3 PIIPPU TASO +22.000	Mikko Isokoski / Markku Partanen
175393	KO SA AUTOMA	=TE.25.QIA005	SEKUND.PÖLYNP. DURAG D-RX 250	POS.TE 25 005 QE001	DURAG D-RX 250 / SINTROL Mikko Londen, Timo Hakala	mg/Nm3 / 0...100	26	KO SÄ AUTOMAATIO	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	26-15	TE sek.pölynpoisto QT010	Mikko Isokoski / Markku Partanen
147455	KO SA AUTOMA	=RP.71.QI250	RIKINPOIS. PÖLYNPOISTON PÖLYMITT.	MÄÄRÄAIKAISHULTO	SICK OMD41/ SICK Heikki Kangas	mg/Nm3 / 0...50	16	KO SÄ AUTOMAATIO	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-69-1	RP rikinpoistolaitos RpR0028	Mikko Isokoski / Markku Partanen
2754718	KO SA AUTOMA	=TE.29.QIA490	TERÄSSULATON UUDEN SEKUND.PÖLYNP. DURAG		DURAG D-R 290 / DURAG, Volker Happach	mg/Nm3 / 0...50	52	KO SÄ AUTOMAATIO	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	26-16-2-005-10	TE uusi sek.pölynpoisto piippu	Mikko Isokoski / Markku Partanen
148904	KS SA KUP	=KS.50.QIRa664	KS EH PV RIKKIVETYANALYSAATTORIN KALIBROINTI JA TARKISTUS.		PIER ENTERPRISES TGH-02009-02031 / Pier Enterprises, Huollot: Ircal Oy, Urpo Viinikangas	H2S 0-2%, SO2 0-0,5%, lisäilman tarve -	12	KS SÄ EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	25-52-4-035-50	KS STL Clausin päällä	Risto Impola / Marko Haapakoski
1010277	KS SA KUP	=KS.60.QIA108	KS EH PV HAPPIANALYSAATTORIN 60 108QI HUOLTO		ABB EL3060 Magnos 206 / ABB, Joonas Starast	O2 / 0-5%	6	KS SÄ EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	25-52-0	KS STL Ennen kaasukelloa oma koppi	Risto Impola / Marko Haapakoski
146548	KS SA KUP	=KS.21.QI523	KS EH II NO-ANALYSAATTOREIDEN KALIBROINTI		THERMO 421-HL / Kontram Oy, Jarmo Kiukainen	NO,NO2,NOx / 0...1000 ppm	26	KS SÄ EH	KALIBROINTI	25-33-3-060-11	KS 2-patterin ST	Eero Tabell
1136656	KS SA KUP	*	KS EH PV SAMMUTUSKAMMIO 1: ANALYSAATTOREIDEN TARKISTUS				12	KS SÄ EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	25-34-3-010	KS Kuiviksen ST	Eero Tabell
	KS SA KUP	=KS.31.QIA173	K1 O2 KAASUIMURIN JÄLKEEN		ABB Magnos 106 / ABB, Joonas Starast	O2 (0-10%)						
	KS SA KUP	=KS.31.QIA174	H2,CO,CO2 KAASUIMURIN JÄLKEEN		ABB Uras 14, Caldos 17 / ABB, Joonas Starast	CO (0-20%), CO2 (0-30%), H2 (0-20%)						
1136836	KS SA KUP	*	KS EH PV SAMMUTUSKAMMIO 2: ANALYSAATTOREIDEN TARKASTUS				12	KS SÄ EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	25-34-3-050	KS Kuiviksen ST	Eero Tabell
	KS SA KUP	=KS.32.QIA373	K2 O2 KAASUIMURIN JÄLKEEN		ABB Magnos 106 / ABB, Joonas Starast	O2 (0-10%)						
	KS SA KUP	=KS.32.QIA374	H2,CO,CO2 KAASUIMURIN JÄLKEEN		ABB AO2040 (Uras 14, Caldos 17) / ABB, Joonas Starast	CO (0-20%), CO2 (0-30%), H2 (0-20%)						
1136576	KS SA KUP	*	KS EH PV SAMMUTUSKAMMIO 3 ANALYSAATTOREIDEN TARKISTUS				12	KS SÄ EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	25-34-3-100	KS ST 304	Eero Tabell
	KS SA KUP	=KS.33.QIA573	K3 O2 KAASUIMURIN JÄLKEEN		ABB Magnos 206 / ABB, Joonas Starast	O2 (0-10%)						
	KS SA KUP	=KS.33.QIA574	K3 H2,CO,CO2 KAASUIMURIN JÄLK		ABB EL3060 (Uras 26, Caldos 27) / ABB, Joonas Starast	CO (0-20%), CO2 (0-30%), H2 (0-20%)						
1136976	KS SA KUP	*	KS EH II 1-PATTERIN SAVUKAASUN CO JA O2 MITTAUKSEN KALIBR.				26	KS SÄ EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	25-32-3-060-11	KS ST 202	Eero Tabell
	KS SA KUP	=KS.20.QIR506, 516	SAVUKAASUN CO-PITOISUUS TYÖNTÖ- JA KOKSIPUOLI		Fuji Electrics ZRJ	CO (0-500ppm)						
	KS SA KUP	=KS.20.QIR507, 517	SAVUKAASUN O2-PITOISUUS TYÖNTÖ- JA KOKSIPUOLI		Fuji Electrics ZRJ	O2 (0-25%)						
1141656	KS SA KUP	*	KS EH II 2-PATTERIN SAVUKAASUN CO JA O2 MITTAUKSEN KALIBR.				26	KS SÄ EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	25-33-3-060-11	KS 2-patterin ST	Eero Tabell
	KS SA KUP	=KS.21.QIR506, 516	SAVUKAASUN CO-PITOISUUS TYÖNTÖ- JA KOKSIPUOLI		ABB EL3020 / ABB Joonas Starast ja BUHLER BA5000 / Tecalemit Flow Oy, Juha Näsi	CO (0-2000ppm)						
	KS SA KUP	=KS.21.QIR507, 517	SAVUKAASUN O2-PITOISUUS TYÖNTÖ- JA KOKSIPUOLI		ABB EL3020 / ABB Joonas Starast ja BUHLER BA5000 / Tecalemit Flow Oy, Juha Näsi	O2 (0-25%)						
1136516	KS SA KUP	=KS.20.QIRC173	KS EH II SEOSKAAS.LÄMPÖARVOON LIITYVIEN MITTAUSTEN TARK.		REINEKE-kalorimetri / SINTROL Mikko Londen, Timo Hakala	MJ/m3 (2.8..5.0 MJ)	52	KS SÄ EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	25-3	KS Patterien ohjaamon vieressä	Eero Tabell
167297	VO SA KUP	*	LIUENNEEN HAPEN MITTAUS SYÖTTÖVESISTÄ SEKÄ TG02:N LAUHITEESTA (OXYFLUX)				52	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-42-5-035-01	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
	VO SA KUP	=VO.70.QIRA294	LIUENNUT HAPPI SYÖTTÖVEDESTÄ		HACH Orbisphere 410 / GWB, Katja Seitämäki	O2 ppb (0...20)						
	VO SA KUP	=VO.72.QIRA293	LIUENNUT HAPPI PÄÄLAUHITEESTA		ABB Dissolved Oxygen 9438 / ABB, Joonas Starast	O2 UG/L (0...100)						
	VO SA KUP	=VO.91.QIA070	SYVE LIUENNUT HAPPI		HACH Orbisphere 410 / GWB, Katja Seitämäki	O2 MG/KG (0-0,01)						
	VO SA KUP	=VO.81.QIA320	PÄÄLAUHDE LIUENNUT HAPPI		ABB Dissolved Oxygen 9438 / ABB, Joonas Starast	O2 UG/KG (0...200)						
173215	VO SA KUP	=VO.23.QIA105	SL1 PH-MITT. VO23 105QT.PIIR.JAK.NO VO244201,PIIR.24537 RAAKAVESI		Polymetron 8350 / GWB, Katja Seitämäki	pH / 0...10	✓ 10	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-42-4	VO saostuslaitos 1	Jarmo Sippala
173217	VO SA KUP	=VO.23.QIA106	SL1 FL0TATIOALTAAN PH-N VO23106QI KALIBROINTI		Polymetron 8350 / GWB, Katja Seitämäki	pH / 0...10	✓ 10	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-42-4	VO saostuslaitos 1	Jarmo Sippala
173218	VO SA KUP	=VO.23.QIA107	SL1 VÄLIHÄMMENNINALTAAN PH-N VO23107QI KALIBROINTI		Polymetron 8350 / GWB, Katja Seitämäki	pH / 0...10	✓ 10	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-42-4	VO saostuslaitos 1	Jarmo Sippala
147090	VO SA KUP	=VO.91.QIA075	K4 KATTILAVESI PH-MITTAUS VO91075QT TARKASTUS JA KALIBR.		Polymetron 8404-B ja 8444-B / GWB, Katja Seitämäki	pH / 7...12	✓ 10	VO SA EH	KALIBROINTI	42-45-4-005	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
147091	VO SA KUP	=VO.24.QI197	K3 KATTILAVESI PH-MITTAUS VO24197QT TARKASTUS JA KALIBR.		Endress Hauser CPS441 / Endress Hauser, Petri Anttila	pH / 2...12	✓ 10	VO SA EH	KALIBROINTI	42-45-3-005	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
147092	VO SA KUP	=VO.24.QI198	K3 SYÖTTÖVESI PH-MITTAUKSEN TARKASTUS JA KALIBROINTI		Polymetron 8362 / GWB, Katja Seitämäki	pH / 2...12	✓ 10	VO SA EH	KALIBROINTI	42-45-3	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
173216	VO SA KUP	=VO.23.QICRA211	SL2 PH MITTAUS VO 23 211QI		Polymetron 8350 / GWB, Katja Seitämäki	pH / 2...12	✓ 6	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-42-4	VO saostuslaitos 2	Jarmo Sippala
147089	VO SA KUP	=VO.91.QIA073	K4 SYÖTTÖVESI PH-MITTAUKSEN TARKASTUS JA KALIBROINTI		Polymetron 8362 / GWB, Katja Seitämäki	pH / 7...12	✓ 8	VO SA EH	KALIBROINTI	42-45-4-005	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
147093	VO SA KUP	=VO.24.QI103	TG01 LAUHTEN PH-MITTAUS VO24103QT TARKASTUS JA KALIBROINTI		Polymetron 8362 / GWB, Katja Seitämäki	pH / 2...12	✓ 8	VO SA EH	KALIBROINTI	42-46-1-005-06	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
146718	VO SA KUP	*	KATTILA 3:N JA KATTILA 4:N YMPÄRISTÖMITTAUKSET				✓ 13	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-45-0	VO kattiloiden piiput	Jarmo Sippala
	VO SA KUP	=VO.71.QI591	K3 SAVUKAASUN NOX-MITTAUS		SICK Maihak GM31 / Sick, Heikki Kangas	NOx / 0...900 mg/m3						
	VO SA KUP	=VO.71.QI592	K3 SAVUKAASUN SO2-MITTAUS		SICK Maihak GM31 / Sick, Heikki Kangas	SO2 / 0...1900 mg/m3						
	VO SA KUP	=VO.71.QI594	K3 SAVUKAASUN CO-MITTAUS		SICK Maihak GM35 / Sick, Heikki Kangas	0...3000 ppm kost.						
	VO SA KUP	=VO.71.QI595	K3 SAVUKAASUN H2O-MITTAUS		SICK Maihak GM35 / Sick, Heikki Kangas	H2O / 0 - 40%						
	VO SA KUP	=VO.71.QI596	K3 SAVUKAASUN PÖLYPITOISUUS		SICK Maihak FWSE101 / Sick, Heikki Kangas	0...1000 mg/m3						
	VO SA KUP	=VO.91.QI591	K4 SAVUKAASUN NOX-MITTAUS		SICK Maihak GM31 / Sick, Heikki Kangas	NOx / 0...900 mg/m3						
	VO SA KUP	=VO.91.QI592	K4 SAVUKAASUN SO2-MITTAUS		SICK Maihak GM31 / Sick, Heikki Kangas	SO2 / 0...1900 mg/m3						
	VO SA KUP	=VO.91.QI594	K4 SAVUKAASUN CO-MITTAUS		SICK Maihak GM35 / Sick, Heikki Kangas	0...3000 ppm kost.						
	VO SA KUP	=VO.91.QI595	K4 SAVUKAASUN H2O-MITTAUS		SICK Maihak GM35 / Sick, Heikki Kangas	H2O / 0 - 40%						
	VO SA KUP	=VO.91.QI596	K4 SAVUKAASUN PÖLYPITOISUUS		SICK Maihak FWSE101 / Sick, Heikki Kangas	0...1000 mg/m3						
1010358	VO SA KUP	*	KATTILA 3 SAVUKAASUN HAPPIMITTAUS				✓ 10	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-45-4-010-06	VO kattila 3 piippu	Jarmo Sippala
	VO SA KUP	=VO.71.QIR580	SAVUKAASUN O2 VASEN SIVU		ROSEMOUNT OXT4A / Emerson, Jouko Mutta	O2 / 0...10%						
	VO SA KUP	=VO.71.QIR581	SAVUKAASUN O2 VASEN SIVU		ROSEMOUNT OXT4A / Emerson, Jouko Mutta	O2 / 0...10%						
1010367	VO SA KUP	*	KATTILA 4 SAVUKAASUN HAPPIPITOISUUSMITTAUS				✓ 10	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-45-4-010-06-07	VO kattila 4 piippu	Jarmo Sippala
	VO SA KUP	=VO.91.QICR360	SAVUKAASU O2 ENNEN EKOA		WABCO WESTINGHOUSE 3000	O2 / 0...10%						
	VO SA KUP	=VO.91.QICR370	SAVUKAASU O2 LUVON JÄLK.VASEN		ROSEMOUNT OXT4A / Emerson, Jouko Mutta	O2 / 0...25%						
147095	VO SA KUP	=VO.63.QI429	LIUENNEEN HAPEN MITTAUS TG01		ABB Dissolved Oxygen 9438 / ABB, Joonas Starast	O2 µg/KG (0...200)	✓ 15	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-46-1-005-06	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
147094	VO SA KUP	=VO.81.QIA320	LIUENNEEN HAPEN MITTAUS TURBO		ABB Dissolved Oxygen --> uusitaan / ABB, Joonas Starast	O2 µg/KG (0...200)	✓ 52	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-47-2-005-05	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
1900957	VO SA KUP	=VO.50.QI880	LIUENNEEN HAPEN MITTAUS KAUKOLÄMPÖVEDESTÄ, VO 50880QI		OXYMAX W COS71-2AF / Endress Hauser Petri Anttila	O2 mg/L (0...100)	✓ 15	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-49-3-005	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
147082	VO SA KUP	=VO.24.FOS225	PIIHAPPOMITTAUKSEN HUOLTO JA KALIBROINTI		HACH Polymetron Silikostat 9210 / GWB, Katja Seitämäki	SiO2 / µg/l (0...60)	✓ 20	VO SA EH	KALIBROINTI	42-42-5-035	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
144058	VO SA KUP	*	VETYANALYSAATTORIN HUOLTO VO72722 VO72723				✓ 12	VO SA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	42-46-2-010	VO turbiinihuone	Jarmo Sippala
	VO SA KUP	=VO.72.QI722	H2-PITOISUUS GENER.RUNGOSSA		ABB CALDOS 17 / ABB, Joonas Starast	H2 / 90...100%						
	VO SA KUP	=VO.72.QI723	VETYVUOTO ANALYSAATTORI		ABB CALDOS 17 / ABB, Joonas Starast	H2 / 0...4%						
1908699	VO SA KUP	=VO.24.QI199	NA-ANALYSAATTORIN HUOLTO JA KALIBROINTI		HACH Polymetron Sodimat 9240 / GWB, Katja Seitämäki	Na / ppm (0...100)	✓ 20	VO SA EH	KALIBROINTI	42-42-5-035	VO vesilaboratorio	Jarmo Sippala
147072	RV SA MA	=KP.09.QI411	KALORIMETRIN HUOLTO		Reineke WI 1457 / SINTROL Mikko Londen, Timo Hakala	MJ/m3 (17...34)	✓ 26	RV SÄ MA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-3	KP kalorimetrihuone KP53 U0240	Lauri Pitkääkoski / Seppo Ojala
1984803	RV SA MA	*	MA1 COWPERIEN JÄÄNNÖSHAPPIMITTAUKSIEN KALIBROINTI				✓ 13	RV SÄ MA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-65-3	MA ST MA829	Seppo Eskola
	RV SA MA	=MA.132.QC142	Masuuni 1 cowperi 12 savukaasun O2 -pitoisuus		Land Genesis G1200 / SINTROL, Timo Hakala	O2 (0,3...4 l/min)						
	RV SA MA	=MA.133.QC142	Masuuni 1 cowperi 13 savukaasun O2 -pitoisuus		Oxygen OXY102 / Analytics Ltd	O2 (0,3...4 l/min)						
	RV SA MA	=MA.134.QC142	Masuuni 1 cowperi 14 savukaasun O2 -pitoisuus		Land Genesis G1200 / SINTROL, Timo Hakala	O2 (0...5%)						
2064616	RV SA MA	*	MA2 COWPERIEN JÄÄNNÖSHAPPIMITTAUKSIEN KALIBROINTI				✓ 12	RV SÄ MA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-67-3	MA ST MA826	Seppo Eskola
	RV SA MA	=MA.232.QC142	Masuuni 2 cowperi 22 savukaasun O2 -pitoisuus		Land Genesis G1200 / SINTROL, Timo Hakala	O2 (0...5%)						
	RV SA MA	=MA.233.QC142	Masuuni 2 cowperi 23 savukaasun O2 -pitoisuus		Land Genesis G1200 / SINTROL, Timo Hakala	O2 (0...5%)						
	RV SA MA	=MA.234.QC142	Masuuni 2 cowperi 24 savukaasun O2 -pitoisuus		Land Genesis G1200 / SINTROL, Timo Hakala	O2 (0...5%)						
1984525	RV SA MA	=MA.130.MC161	MA1 PUHALLUSILMAN KOSTEUSMITTAUKSEN HUOLTO		ABB AO2040-LS25 / ABB, Joonas Starast	H2O g/nm3 (0...35)	✓ 16	RV SÄ MA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-65-3-005-07	MA ST MA812	Seppo Eskola
2054336	RV SA MA	=MA.230.MC161	MA2 PUHALLUSILMAN KOSTEUSMITTAUKSEN HUOLTO		ABB AO2040-LS25 / ABB, Joonas Starast	H2O g/nm3 (0...35)	✓ 13	RV SÄ MA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-67-3-005-06	MA ST MA880	Seppo Eskola
1965836	RV SA MA	=MA.183.	MA1 KAASUNJAK.ANALYS. TARKASTUS		ABB Uras 26 "Dango" / ABB, Joonas Starast	CO (0-35%), CO2 (0-25%)	✓ 4	RV SÄ MA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-65-4-071-13	MA ST MA878 taso +39695	Seppo Eskola
2050158	RV SA MA	=MA.283.	MA2 KAASUNJAK. ANALYSAATTORIN TARKASTUS		ABB Uras 26 "Dango" / ABB, Joonas Starast	CO (0-35%), CO2 (0-25%)	✓ 4	RV SÄ MA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-67-4-071	MA ST MA891 taso +40117	Seppo Eskola
145014	RV SA MA	=MA.001.QIS106	MA1 HENGITYSILMAN CO-ANALYSAATTORI TARKISTUS		ABB URAS 26 / ABB, Joonas Starast	CO (0...300 ppm)	✓ 8	RV SÄ MA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-61-2-035-01	MA ST MA811	Seppo Eskola
1960776	RV SA MA	=MA.100.QI201	MA 1 PÖLYNMÄÄRÄMITTAUKSEN HUOLTO		DURAG D-RX 250, + letkuvähti DURAG D-FW 231/ SINTROL Mikko Londen, Timo Hakala	mg/Nm3 (0...50)	✓ 26	KO SÄ AUTOMAATIO	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-65-6-010-40	MA ST MA829	Seppo Eskola
1981707	RV SA MA	=MA.200.QI201	MA 2 PÖLYNMÄÄRÄMITTAUSTEN HUOLTO		DURAG D-RX 250 + letkuvähti DURAG D-FW 231 / SINTROL Mikko Londen, Timo Hakala	mg/Nm3 (0...50)	✓ 26	KO SÄ AUTOMAATIO	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-67-6-020-40	MA ST MA826	Seppo Eskola
142850	RV SA MA	*	MA1/MA2 KIHTIKAASUANALYS.NÄYTTEENOTTOLAITTEISTON HUOLTO				✓ 4	RV SÄ MA EH	MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	24-68	MA ST MA888/889	Seppo Eskola
	RV SA MA	=MA.411.QI611-615	Kaasunpuhdistamo Masuuni 1 laitteen, kihtikaasuanalysaattori		SIEMENS Ultramat 6, Calomat 6 / PPM-Systems / Joonas Starast, ABB	CO (0...40%), CO2 (0...30%), H2 (0...10%)						
	RV SA MA	=MA.412.QI611-615	Kaasunpuhdistamo Masuuni 2 laitteen, kihtikaasuanaly									

